

TUGAS AKHIR - SF141501

RANCANG BANGUN SISTEM AKTUATOR PADA OTOMASI *GREENHOUSE URBAN FARMING*

VIONA HAZAR BRILIANA
NRP 1113100043

Dosen Pembimbing
Dr. Melania Suweni Muntini, M.T
Ilim Fatimah M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – SF 141501

**RANCANG BANGUN SISTEM AKTUATOR PADA
OTOMASI *GREENHOUSE URBAN FARMING***

VIONA HAZAR BRILIANA

NRP 1113 100 043

Dosen Pembimbing

Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.

Iim Fatimah, M.Si.

DEPARTEMEN FISIKA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – SF 141501

**DESIGN OF ACTUATOR SYSTEM ON AN URBAN
FARMING GREENHOUSE AUTOMATION**

**VIONA HAZAR BRILIANA
NRP 1113 100 043**

**Supervisor
Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.
Iim Fatimah M.Si.**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR PADA OTOMASI
GREENHOUSE URBAN FARMING

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains

pada

Bidang Instrumentasi

Program Studi S-1 Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

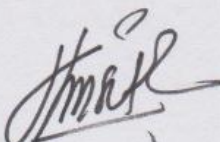
Oleh :

VIONA HAZAR BRILIANA

NRP 1113 100 043

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dr.Melania Suweni Muntini, M.T

()

Im Fatimah, M.Si

()



RANCANG BANGUN SISTEM AKTUATOR PADA OTOMASI *GREENHOUSE URBAN FARMING*

Nama : Viona Hazar Briliana
NRP : 1113 100 043
Departemen : Fisika
Pembimbing : Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.
Iim Fatimah M. Si.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan judul rancang bangun sistem aktuator pada otomasi *greenhouse urban farming* yang bertujuan untuk mengkondisikan iklim mikro didalam *greenhouse* dan memperoleh *output* yang tepat dalam sistem otomasi *greenhouse*. Penelitian dilakukan pada salah satu *greenhouse urban farming* di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan ukuran 16x6 meter. Alat yang digunakan adalah 12 modul sensor yang terhubung dengan sistem kontrol, 12 buah *solenoid valve* dan 4 buah kipas. Dari hasil validasi kontrol, kerja *relay* sangat baik dalam menanggapi data yang diberikan sensor dengan waktu *delay* hanya satu detik, sehingga kerja aktuator sangat efektif dalam mengkondisikan iklim mikro di dalam *greenhouse*. Jumlah aktuator yang digunakan mampu memenuhi target suhu dan kelembapan yang diinginkan yaitu 30°C untuk suhu minimal dan 90% untuk nilai kelembapan minimal.

Kata kunci : *greenhouse, kelembapan, otomasi, relay, suhu, tanah, udara*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN OF ACTUATOR SYSTEM ON AN URBAN FARMING GREENHOUSE AUTOMATION

Name : Viona Hazar Briliana
NRP : 1113 100 043
Department : Physics
Supervisor : Dr. Melania Suweni Muntini, M.T.
Iim Fatimah M. Si.

ABSTRACT

The research has been done with the title of actuator system design on urban farming greenhouse automation which aims to condition the micro climate within the greenhouse and obtain the right output in the greenhouse automation system. The study was conducted at one of the urban greenhouse farming on the campus of Institute of Technology Sepuluh Nopember Surabaya with size 16x6 meters. The tool used is 12 sensor modules connected to the control system, 12 solenoid valve and 4 fan. From the validation results of the control, the relay work is very good in response to the data provided by the sensor with a delay time of only one second, so actuator work is very effective in conditioning the micro climate in the greenhouse. The number of actuators used is able to meet the desired temperature and humidity target of 30°C for minimum temperature and 90% for minimum humidity value.

Keyword : air, automation, greenhouse, humidity, relay, soil, temperature

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, petunjuk serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“RANCANG BANGUN SISTEM AKTUATOR PADA OTOMASI *GREENHOUSE URBAN FARMING*”

Sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana (S1) Departemen Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua, Ibu Siti Fatimah dan Bapak Eko Suwanto, serta adik, Fitra Amalia Fadilla yang telah memberikan segala kasih sayang dan dukungan moril yang tak ternilai.
2. Ibu Dr. Melania Suweni Muntini, M.T. dan Ibu Iim Fatimah, M. Si. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, serta kritik dan saran yang diberikan kepada penulis selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Rekan satu tim *Greenhouse* yang telah membantu dalam proses pengambilan data.
4. Ahmad Febri Firmansah yang telah mendampingi dan membantu selama proses menyelesaikan buku tugas akhir.
5. Teman-teman asisten Laboratorium Elektronika Dasar yang selalu memberikan semangat dan pengalaman yang berharga.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. demi kesempurnaan Tugas akhir ini.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK i

ABSTRACT..... iii

KATA PENGANTAR.....v

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah..... 3

1.4 Tujuan Penelitian..... 3

1.5 Manfaat Penelitian.....4

1.6 Sistematika penulisan4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....5

2.1 Suhu dan Kelembapan.....5

2.2 *Greenhouse*7

2.3 *Microcontroller* 10

2.4 *Relay* 11

2.5 Medan Magnet..... 12

2.6 Peletakan Aktuator pada Otomasi *Greenhouse*..... 13

BAB III METODOLOGI.....15

3.1 Alat..... 15

3.2 Hasil Penelitian Sebelumnya	15
3.3 Perancangan Sistem Aktuator.....	15
3.3.1 Perancangan Sistem Kontrol	15
3.3.2 Pengukuran Suhu dan Kelembapan	16
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Pembacaan Data Suhu Udara Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi.....	35
4.2 Hasil Pembacaan Data Suhu Tanah Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi.....	37
4.3 Hasil Pembacaan Data Kelembapan Udara Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi.....	39
4.4 Hasil Pembacaan Data Kelembapan Tanah Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi.....	41
4.5 Analisa Hasil Kerja Sistem Kontrol yang Telah Dioperasikan	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sirkulasi udara di dalam greenhouse	6
Gambar 2. 2 Greenhouse yang ada dikampus ITS yang digunakan untuk penelitian otomasi greenhouse	9
Gambar 2. 3 Relay.....	11
Gambar 2. 4 Vektor gaya Lorentz	12
Gambar 2. 5 peletakan aktuator sprayer dan kipas	14
Gambar 3. 1 Denah peletakan aktuator yang terdiri dari 4 buah kipas dan 12 valve.....	16
Gambar 3. 2 Diagram alir pengambilan data	17
Gambar 4. 1 Grafik perubahan suhu udara selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	35
Gambar 4. 2 Grafik perubahan suhu udara selama tanggal 6 sampai 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	36
Gambar 4. 3 Grafik perubahan suhu tanah selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	38
Gambar 4. 4 Grafik perubahan suhu tanah selama tanggal 6 sampai 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	38
Gambar 4. 5 Grafik perubahan kelembapan udara selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	40
Gambar 4. 6 Grafik perubahan kelembapan udara selama tanggal 6 hingga 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	40
Gambar 4. 7 Grafik perubahan kelembapan tanah selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	42

Gambar 4. 8 Grafik perubahan kelembapan tanah selama tanggal 6 hingga 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam.....	42
Gambar 4. 9 Grafik kerja relay pada variabel suhu udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017.....	43
Gambar 4. 10 Grafik kerja relay pada variabel suhu udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017	44
Gambar 4. 11 Grafik kerja relay pada variabel kelembapan udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017	44
Gambar 4. 12 Grafik kerja relay pada variabel kelembapan tanah tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017	44
Gambar 4. 13 Grafik waktu <i>delay</i> kerja <i>relay</i> terhadap <i>input</i> data dari sensor	46

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1. Hasil pengukuran kelembapan tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017	51
Gambar 2. Hasil pengukuran kelembapan udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017	51
Gambar 3. Hasil pengukuran suhu tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017	52
Gambar 4. Hasil pengukuran suhu udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017	52
Gambar 5. Hasil pengukuran kelembapan tanah setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	53
Gambar 6. Grafik kerja relay terhadap kelembapan tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	53
Gambar 7. Hasil pengukuran kelembapan udara setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	54
Gambar 8. Grafik kerja relay terhadap kelembapan udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	54
Gambar 9. Hasil pengukuran suhu tanah setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	55
Gambar 10. Grafik kerja relay terhadap suhu tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	55
Gambar 11. Hasil pengukuran suhu udara setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	56

Gambar 12. Grafik kerja relay terhadap suhu udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017	56
Gambar 13. Hasil pengukuran kelembapan tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017	57
Gambar 14. Hasil pengukuran kelembapan udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017	57
Gambar 15. Hasil pengukuran suhu tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017	58
Gambar 16. Hasil pengukuran suhu udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017	58
Tabel 1. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse.....	59
Tabel 2. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	60
Tabel 3. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse.....	62
Tabel 4. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	64
Tabel 5. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	66

Tabel 6. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse.....	67
Tabel 7. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	69
Tabel 8. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse.....	71
Tabel 9. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse.....	73
Tabel 10. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	74
Tabel 11. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse.....	76
Tabel 12. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	78
Tabel 13. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	80
Tabel 14. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse.....	81
Tabel 15. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	83

Tabel 16. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	85
Tabel 17. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	87
Tabel 18. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	88
Tabel 19. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	90
Tabel 20. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada greenhouse	92
Tabel 21. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	94
Tabel 22. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	95
Tabel 23. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 11 Mei 2017 sampai 12 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	97
Tabel 24. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada greenhouse	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah tanaman (*greenhouse*) merupakan tempat yang ideal untuk budidaya tanaman pangan, tanaman buahan, dan tanaman hortikultura seperti sayuran sawi, kangkung, tomat, dan lain - lain. Tanaman hortikultura dan sayuran, merupakan tanaman yang sangat peka terhadap lingkungan disekitarnya. Hal ini ditunjukkan langsung oleh perubahan fisik tanaman seperti daun menjadi layu, buah dengan kualitas buruk, ataupun dengan pertumbuhan tanaman yang tidak maksimal (Telaumbanua, Purwantana, & Lilik, 2014). Perkembangan teknologi *greenhouse* untuk keperluan agribisnis hortikultura salah satunya didasarkan pada keinginan pemenuhan kebutuhan produk pertanian yang berkelanjutan tanpa perlu bergantung pada musim.

Adanya *greenhouse* memungkinkan petani untuk bisa menanam suatu jenis tanaman hortikultura di luar musim tanam dari tanaman tersebut, sehingga harga jual produk tersebut dapat dijaga sehingga keuntungan yang didapatkan menjadi optimal (Pamungkas, 2015). Guna mengatur iklim mikro di dalam *greenhouse*, maka diperlukan peralatan untuk memonitor dan mengontrol kondisi lingkungan tersebut, sehingga diperoleh kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Parameter lingkungan yang dikontrol diantaranya, suhu dan kelembapan udara serta kontrol distribusi air dan pupuk. Kebutuhan terhadap sistem monitor dan kontrol lingkungan ini yang menyebabkan bangunan *greenhouse* tergolong bangunan yang mahal, sehingga menjadi kendala dalam mengimplementasikan *greenhouse* untuk agrobisnis hortikultura (Pamungkas, 2015).

Di Indonesia telah dilakukan beberapa aplikasi pengontrolan berbasis komputer terhadap parameter lingkungan tanaman, antara lain pengontrolan suhu, cahaya, dan kelembapan, pengontrolan nutrisi pada budidaya hidroponik, dan pengontrolan

suhu pada budidaya jamur. Perangkat lunak yang dikembangkan masih terbatas pada penggunaan modus kontrol tertentu dan belum tersedia fasilitas identifikasi lingkungan dengan jenis tanaman yang ditanam (produk tanaman atau biologik). Pengontrolan masih mengacu pada lingkungan yang ditentukan dari kebiasaan setempat atau literatur yang diperoleh (Tamrin, 2005)

Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) telah mengembangkan pola tanam menggunakan *greenhouse* yang bertujuan untuk sarana pembelajaran memenuhi kebutuhan pangan berupa sayuran hortikultura untuk masyarakat sekitar. Disamping kebutuhan dalam bidang pangan, *greenhouse* ini juga dibuat untuk memfasilitasi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian terkait *greenhouse* ataupun sistem yang mendukung. Selama ini, *greenhouse* ITS, terutama untuk sistem pengairan tanaman masih dilakukan secara manual. Selain itu, beberapa kali terjadi gagal panen pada tanaman tertentu, antara lain tomat dan terong karena iklim mikro di dalam *greenhouse* yang kurang ideal bagi tanaman tersebut.

Setelah dilakukan beberapa analisis lingkungan dengan membandingkan suhu dan kelembapan yang dibutuhkan tanaman dari referensi yang ada dengan kondisi nyata di *greenhouse*, diketahui bahwa suhu dan kelembapan lingkungan di *greenhouse* ITS sangat tidak ideal. Hal tersebut dikarenakan suhu lingkungan di sekitar dan di dalam *greenhouse* masih terlalu tinggi untuk tanaman, dan kelembapan yang kurang.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang aktuator otomatis pengendalian iklim mikro pada *greenhouse* untuk pertumbuhan berbagai jenis tanaman. Hasil perancangan diharapkan dapat menjadi solusi dalam pengendalian iklim mikro di dalam *greenhouse* sehingga dapat memperbaiki proses pertumbuhan tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas, permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengkondisikan suhu dan kelembapan udara di dalam *greenhouse*
2. Bagaimana output yang diperoleh dari kontrol suhu dan kelembapan tanah maupun kelembapan udara setelah dilakukan otomasi pada *greenhouse*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Sensor suhu dan kelembapan udara yang digunakan adalah DHT11
2. Sensor suhu dan kelembapan tanah yang digunakan adalah *soil moisture* dan *DS18B20*
3. Digunakan *Solenoid valve* dan kipas angin untuk merubah kondisi suhu dan kelembapan sesuai dengan kebutuhan
4. Digunakan mikrokontroler ATmega328 yang tersambung dengan laptop untuk mengintegrasikan pembacaan data
5. Pengukuran dilakukan setelah otomasi pada *greenhouse* dijalankan
6. *Greenhouse* yang digunakan untuk otomasi mempunyai ukuran 16x6 meter yang berlokasi di area *urban farming* kampus ITS
7. Tanaman yang ditanam pada *greenhouse* adalah tomat buah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengkondisikan suhu dan kelembapan udara maupun tanah di dalam *greenhouse* dengan solenoid valve dan kipas angin.
2. Untuk memperoleh *output* yang tepat dalam sistem otomasi *greenhouse* yaitu suhu maksimal 30°C dan

kelembapan minimal 90%.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan pengkondisian iklim mikro di dalam *greenhouse* yang akan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman hingga diperoleh hasil panen yang baik.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I adalah pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II adalah tinjauan pustaka memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III adalah metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV adalah hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V adalah kesimpulan dan saran.

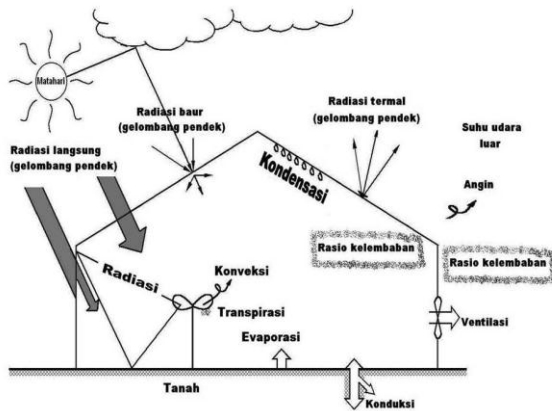
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suhu dan Kelembapan

Kelembapan udara menggambarkan kandungan uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai kelembapan mutlak, kelembapan nisbi (relatif) maupun defisit tekanan uap air. Kelembapan udara dapat mempengaruhi udara dalam menampung uap air sehingga laju kehilangan air dari tanaman dan tegangan air daun akan berpengaruh. Semakin tinggi suhu udara akan semakin besar kapasitas udara untuk menampung uap air per satuan volume udara (Handoko, 1994). Pada pagi hari, suhu akan lebih rendah dibandingkan dengan suhu saat siang hari. Hal ini berbanding terbalik terhadap kelembapan, dimana pada pagi hari kelembapan akan tinggi dan pada saat siang hari kelembapan rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu dan kelembapan adalah sudut datangnya sinar matahari, tinggi rendahnya tempat, angin dan arus laut, lama penyinaran, dan awan (Erianto, 2013).

Suhu dan kelembapan merupakan dua parameter yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Suhu berpengaruh langsung terhadap beberapa proses pertumbuhan tanaman diantaranya fotosintesis, respirasi, transpirasi, dan masih banyak lagi. Sedangkan kelembapan mempengaruhi kadar air yang akan diterima oleh tanaman, dan hal ini berarti kelembapan udara akan mempengaruhi evapotranspirasi pada tumbuhan yang berkaitan dengan membuka dan menutupnya stomata, penyerapan CO_2 , transpirasi, dan mempengaruhi translokasi bahan makanan dan nutrisi pada tumbuhan (Fahmi, Yohana, & Sugiyanto, 2014).



Gambar 2. 1 Sirkulasi uadara di dalam *greenhouse*
(Fahmi, Yohana, & Sugiyanto, 2014)

Greenhouse harus dibangun pada lokasi yang tepat, yaitu lokasi yang terbuka dan tidak akan tertimpa oleh bayangan dari gedung agar memperoleh cahaya matahari yang maksimal. Sinar matahari pagi sangat membantu dalam pertumbuhan tanaman karena memungkinkan tumbuhan untuk memulai proses produksi pangan (fotosintesis) lebih awal dan memberikan hasil yang maksimum. Energi surya dari matahari juga akan merubah suhu didalam *greenhouse* menjadi lebih panas, sehingga harus disediakan sistem yang digunakan untuk mengatur iklim mikro didalamnya. (Bucur, 2010). Pertumbuhan dan kesehatan tanaman juga dapat dipengaruhi dari optimasi iklim mikro di dalam *greenhouse*. Iklim ini, yang meliputi suhu dan kelembapan didalamnya, akan membantu mengoptimalkan kualitas produksi tanaman per unit area, dan mereduksi waktu yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berbuah. Perawatan yang pantas untuk kondisi iklim *indoor* (didalam *greenhouse*) dapat dilakukan dengan menyediakan fitur tambahan untuk menaikkan atau menurunkan suhu seperti ventilasi atau dehumidifikasi untuk *greenhouse* (Mathias Coomans, Koen Allaerts, Lieve Wittemans, Dave Pinxteren, 2013).

Di dalam *greenhouse*, perubahan suhu terjadi dengan cepat dan sangat fluktuatif yang diakibatkan oleh radiasi sinar matahari, suhu di luar *greenhouse* dan tingkat kelembapan di dalam *greenhouse* itu sendiri. Sebanyak 25% kebutuhan panas di dalam *greenhouse* diperoleh dari radiasi matahari. Namun, struktur pada *greenhouse* memungkinkan suhu di dalamnya akan terisolir dan tidak terjadi distribusi udara dengan baik, sehingga dibutuhkan sirkulasi udara yang memadai agar udara didalam *greenhouse* dapat mengalir (Bucur, 2010). Dalam merawat iklim *indoor* di dalam *greenhouse*, juga sangat penting untuk mencegah adanya kelebihan panas yang diperoleh dari atap bangun *greenhouse*. Hal ini dapat diatasi dengan menambah ventilasi (mekanik atau alami), sistem pendingin pada atap atau dengan kipas, atau juga dengan teknik *shading* dengan menambahkan layar yang dapat dipindah-pindah untuk memberikan bayangan yang teduh bagi tumbuhan. Biasanya, kelembapan dan suhu *indoor* dapat dikontrol dengan membuka jendela yang terdapat pada atap dan sekaligus memberikan sirkulasi udara dengan luar *greenhouse* (Mathias Coomans, Koen Allaerts, Lieve Wittemans, Dave Pinxteren, 2013).

2.2 Greenhouse

Secara umum *greenhouse* dapat didefinisikan sebagai bangunan kontruksi dengan atap tembus cahaya yang berfungsi mengontrol iklim mikro agar tanaman di dalamnya dapat berkembang optimal. Budidaya tanaman di dalam *greenhouse* memiliki keunggulan berupa iklim mikro yang lebih terkontrol dan keseragaman hasil produksi pada tiap tanaman yang lebih optimal. Berbeda dengan fungsi *greenhouse* di daerah iklim subtropis yang digunakan untuk mengendalikan iklim mikro, keberadaan *greenhouse* di daerah tropis lebih cenderung untuk perlindungan tanaman (Munir, 2010). Manipulasi lingkungan ini dilakukan dalam dua hal, yaitu menghindari kondisi lingkungan yang tidak dikehendaki dan memunculkan kondisi lingkungan yang dikehendaki. Kondisi lingkungan yang

tidak dikehendaki antara lain :

- a. Akses radiasi sinar matahari seperti sinar ultraviolet dan sinar infra merah.
- b. Suhu udara dan kelembaban yang tidak sesuai.
- c. Kekurangan dan kelebihan curah hujan.
- d. Gangguan hama dan penyakit.
- e. Tiupan angin yang terlalu kuat sehingga dapat merobohkan tanaman.
- f. Tiupan angin dan serangga yang menyebabkan kontaminasi penyerbukan.
- g. Akses polutan akibat polusi udara.

Sementara kondisi lingkungan yang dikehendaki antara lain:

- a. Kondisi cuaca yang mendukung rentang waktu tanam lebih panjang.
- b. Mikroklimat seperti suhu, kelembaban dan intensitas cahaya sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman.
- c. Suplai air dan pupuk dapat dilakukan secara berkala dan teratur.
- d. Sanitasi lingkungan sehingga tidak kondusif bagi hama dan penyakit.
- e. Kondisi nyaman untuk aktivitas produksi dan pengawasan mutu.
- f. Bersih dari eksek lingkungan seperti polutan dan minimnya residu pestisida (Shafwandi, 2011).



Gambar 2. 2 *Greenhouse* yang ada dikampus ITS yang digunakan untuk penelitian otomasi *greenhouse*

Dalam strukturnya, *greenhouse* dapat digolongkan menjadi dua sistem, yaitu *greenhouse* dengan sistem tertutup dan *greenhouse* semi-tertutup. Pada *greenhouse* sistem tertutup (tidak memiliki ventilasi) menggunakan *thermal screen* yang dapat mengurangi *heat loss* secara signifikan. Sedangkan *greenhouse* semi-tertutup memiliki ventilasi yang merupakan kombinasi dari ventilasi mekanik dan ventilasi natural. Ventilasi mekanik digunakan untuk merawat iklim didalam *greenhouse* dan juga sebagai pendukung sistem humidifikasi dan pendinginan yang memanfaatkan *thermal screen* dan mengurangi panas di dalam *greenhouse* (Katsoulas, Sapounas, D, J.A., & C., 2015).

Beberapa keuntungan dari *greenhouse* semi tertutup, antara lain lebih baik dalam mengontrol iklim mikro didalam *greenhouse*, mengurangi kebutuhan air, mengurangi serangga dan jamur pada tanaman. Pada sistem *greenhouse* ini, lebih menitikberatkan pada efisiensi dalam pemanfaatan air. Tantangan utama dalam menjalankan sistem *greenhouse* semi tertutup adalah, jika sistem ini diaplikasikan pada lingkungan yang memiliki iklim subtropis yang mana sangat memerlukan sistem pendingin yang sangat besar (Katsoulas, Sapounas, D, J.A., & C., 2015).

Ada berbagai jenis *Greenhouse* yang digunakan dalam

sistem produksi. Untuk tanaman hias atau tanaman musim semi (untuk Negara yang memiliki 4 musim) digunakan wadah yang terdapat pada bangku-bangku didalam *greenhouse*. Semetara untuk tanaman untuk produksi bunga potong seperti crissant dan mawar, serta tanaman sayuran ditanam langsung di tanah. Beberapa *greenhouse* dengan fungsi yang sama, menggunakan lantai berbahan tanah atau kerikil, dan beberapa lainnya memiliki lantai beton. Perbedaan yang dimiliki oleh masing-masing *greenhouse* disesuaikan dengan kebutuhan tanaman untuk memperoleh pola pengelolaan terbaik pada kondisi lingkungan tertentu (Massachusetts Departmen of Agricultural Resources, 2010).

2.3 *Microcontroller*

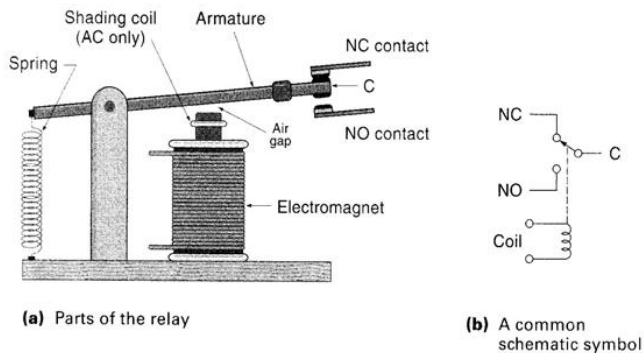
Microcontroller adalah suatu teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer yang menggabungkan berbagai macam perangkat tambahan kedalam sistem mikrokomputer menjadi satu *chip IC*. *Microcontroller* dibuat untuk memenuhi kebutuhan terhadap efektifitas pengendalian sistem. Efektifitas yang dihasilkan berupa beban listrik yang dikonsumsi dan biaya yang lebih kecil. Selain itu, *microcontroller* juga digunakan untuk mengendalikan suatu sistem yang lebih spesifik dengan parameter yang tidak terlalu rumit (Diansari, 2008).

Microcontroller digunakan dan dikendalikan secara otomatis seperti mesin kontrol, remot kontrol, dan peralatan yang bekerja secara otomatis lainnya. Penggunaan *microcontroller* biasanya dilakukan untuk mengurangi konsumsi tenaga kerja dengan mengendalikan beberapa bagian pekerjaan secara otomatis. Namun, sebuah IC *Microcontroller* tidak dapat berdiri sendiri. *Microcontroller* membutuhkan komponen eksternal untuk menjalankan sebuah aplikasi (Pamungkas, 2015).

2.4 Relay

Dalam mengoperasikan beberapa aktuator, diperlukan suatu kerangka kerja, seperti *transfer contactors*, perubahan *switch*, dan seterusnya. Sebuah kerangka kerja yang lengkap dapat diterangkan dari perubahan esensial dari simulasi *device* dengan *actual device* (Wicaksono, 2012).

Relay merupakan suatu komponen elektornika yang mengimplementasikan prinsip *switching*. *Relay* yang paling sederhana menggunakan prinsip elektromekanik. *Relay* jenis ini menggunakan gaya elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklarnya. Saklar ini digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik yang mengalir. Secara sederhana prinsip kerja *relay* terfokus pada *coil* yang terdapat didalamnya. Ketika *coil* mendapat energi listrik, maka akan timbul gaya elektromagnetik yang akan menarik armature yang berpegas, dan kontak akan menutup (Wicaksono, 2012). Detail prinsip kerja dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3 Relay
(Wicaksono, 2012)

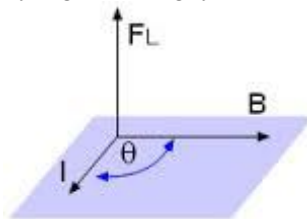
Seperti saklar, *relay* juga dibedakan berdasar *pole* dan *throw* yang dimilikinya. Berikut definisi *pole* dan *throw*: *Pole* : banyaknya *contact* yang dimiliki oleh *relay* *Throw* : banyaknya

kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki kontak (Wicaksono, 2012). Berikut ini penggolongan *relay* berdasar jumlah *pole* dan *throw* :

1. SPST (*Single Pole Single Throw*)
2. DPST (*Double Pole Single Throw*)
3. SPDT (*Single Pole Double Throw*)
4. DPDT (*Double Pole Double Throw*)
5. 3PDT (*Three Pole Double Throw*)
6. 4PDT (*Four Pole Double Throw*)

2.5 Medan Magnet

Benda bermuatan merupakan sumber adanya medan listrik. Muatan listrik ini yang menimbulkan adanya medan listrik dan sekaligus penyebab sebuah benda dapat dipengaruhi oleh medan listrik. Aliran muatan atau arus yang timbul, pada akhirnya akan menimbulkan sumber medan magnetik. Bila terdapat partikel bergerak dalam suatu medan magnetik, maka benda tersebut akan mengalami gaya magnetik yang arahnya tegak lurus pada bidang yang dibentuk. Bersama dengan gaya listrik, gaya magnet membentuk sebuah gaya yang disebut gaya Lorentz (Viridi, 2010).



Gambar 2. 4 Vektor gaya Lorentz
(Viridi, 2010)

Gaya Lorentz merupakan kombinasi dari medan magnet, muatan, dan kecepatan dari muatan. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan (2.1)

$$F_{\text{magnetic}} = Q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \dots \dots \dots (2.1)$$

dan prinsip tersebut merupakan dasar dari sistem kerja peralatan ditunjukkan pada persamaan (2.2),

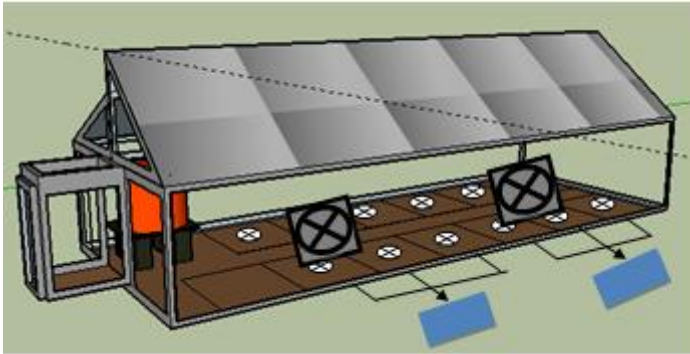
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \dots\dots\dots(2.2)$$

menunjukkan bahwa semakin besar arus, nilai medan yang dihasilkan akan semakin besar. Berdasarkan konsep Gaya Lorentz, maka bertambahnya nilai arus akan memperbesar nilai gaya yang dihasilkan (Griffiths, 1999).

Dalam teori kelistrikan, besar kecilnya medan magnet digambarkan dengan garis-garis gaya. Melalui garis gaya yang digambarkan, kita dapat mengandaikan bahwa semakin kuat medan magnet yang timbul, maka akan semakin banyak garis-garis gaya magnet yang timbul diwilayah tersebut. banyaknya garis gaya yang terbentuk disebut dengan fluks magnet (Susilo, 2016). Garis-gaya magnet tersebut. Selain itu garis gaya dapat digunakan untuk mencari persamaan–persamaan elektromagnetik di dalam medan (Halliday & Resnick, 1984).

2.6 Peletakan Aktuator pada Otomasi *Greenhouse*

Peletakan aktuator pada otomasi *greenhouse* ditinjau dari kemampuan dari masing-masing aktuator yang digunakan. Peletakan *sprayer* ditinjau dari kemampuan *sprayer* menjangkau tanaman, yaitu dua meter sehingga dapat diletakkan diseluruh rungan tiap dua meter. Untuk *greenhouse* dengan ukuran 16x6 meter dengan jarak tiap *line* tanaman sepanjang 1 meter, jika ditinjau dari kemampuan *sprayer*, diperlukan 12 buah *sprayer* untuk menjangkau seluruh area. Kipas di dalam sebuah otomasi *greenhouse* digunakan sebagai pendistribusi udara yang jangkauannya cukup luas sehingga hanya digunakan pada beberapa titik. Setelah kipas dinyalakan, kemampuan jangkauan kipas adalah sepanjang 3 *line* tanaman dengan syarat kipas tersebut harus diletakkan tepat ditengah deri ketiga *line* tersebut sehingga diperlukan 4 buah kipas untuk menjangkau seluruh *line* (zulfa, 2017).



Gambar 2. 5 peletakan aktuator sprayer dan kipas
(zulfa, 2017)

Perancangan aktuator untuk otomasi *greenhouse* menggunakan *sprayer* untuk menurunkan suhu tanah dan menaikkan kelembapan tanah, serta kipas untuk mendistribusikan udara didalam *greenhouse*. Pembacaan data yang dilakukan oleh kontroler dilakukan dengan interval tiap satu jam agar suhu dan kelembapan dapat dijaga tetap stabil. Dari modul sensor yang telah dirangkai, dihubungkan dengan *relay* menggunakan kabel LAN agar transfer data dari sensor lebih cepat (zulfa, 2017).

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat

Alat yang digunakan pada topic tugas akhir ini adalah

- 12 buah modul sensor *greenhouse*
- 4 buah *Microcontroller*
- 12 buah data logger
- 4 buah kipas
- Laptop
- 12 *valve*
- pompa air.

3.2 Hasil Penelitian Sebelumnya

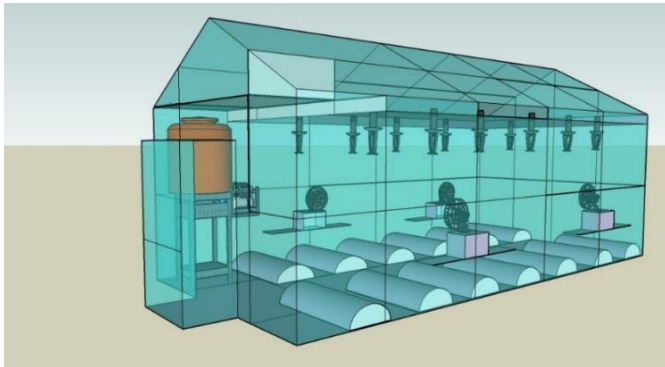
Penelitian tugas akhir ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya. Peletakan lokasi aktuator yang akan digunakan ditinjau terlebih dahulu kemampuan jangkauannya. Digunakan 12 buah *valve* dan 4 buah kipas yang akan dipasang di dalam *greenhouse*.

3.3 Perancangan Sistem Aktuator

3.3.1 Perancangan Sistem Kontrol

Dalam perancangan sistem kerja kontrol di dalam *greenhouse* digunakan sistem *close loop*. Input yang dibaca oleh sensor berupa suhu dan kelembapan pada udara maupun tanah. Hasil dari pengukuran, akan dijadikan parameter oleh kontroler untuk menjalankan sistem tersebut. Ketika suhu maupun kelembapan tidak sesuai dengan yang diperlukan tanaman, maka aktuator akan memberikan respon yang sesuai dengan kebutuhan iklim mikro didalam *greenhouse*. Pada sistem otomasi *greenhouse* ini terdapat 2 macam aktuator yang bekerja, yaitu 4 buah kipas dan 12 buah *valve*. Kipas yang

digunakan diletakkan setiap 3 sensor atau tepat di atas meja *microcontroller* di sisi kiri dan kanan, sedangkan untuk valve diletakkan tepat diatas setiap sensor yang digunakan pada 12 area. Adapun denah peletakan aktuator di dalam *greenhouse* ditunjukkan pada gambar berikut.



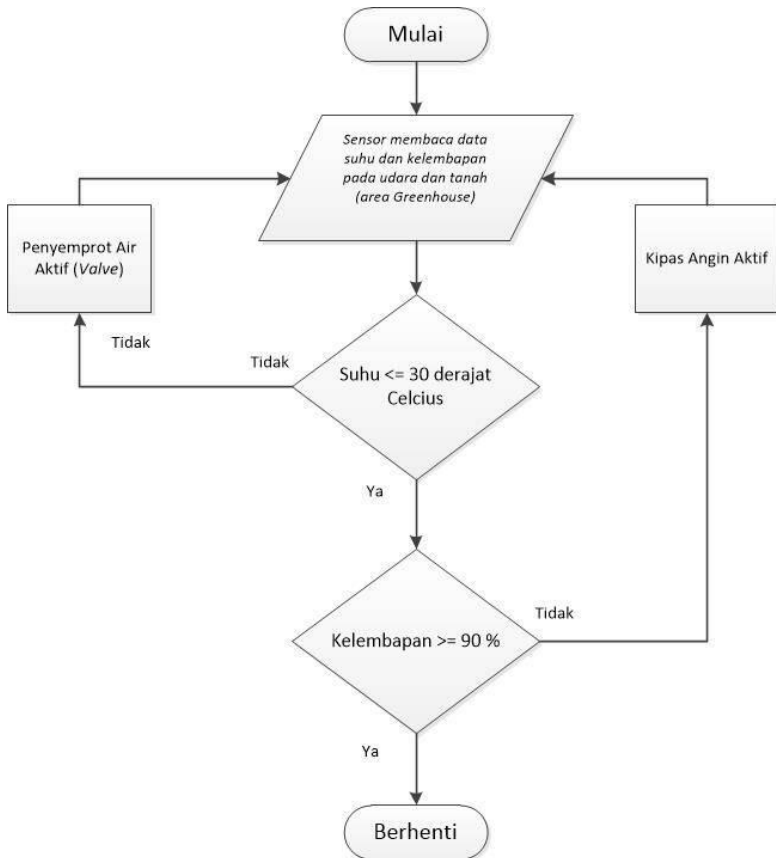
Gambar 3. 1 Denah peletakan aktuator yang terdiri dari 4 buah kipas dan 12 *valve*

3.3.2 Pengukuran Suhu dan Kelembapan

Pada tahap pengambilan data suhu dan kelembapan, dilakukan pada pukul 15.00 pada hari pertama sampai pukul 15.00 pada hari kedua selama satu minggu. Sebelum dilakukan pemasangan sistem kontrol secara permanen pada area *greenhouse*, dilakukan pengambilan sampel pada tiga titik tertentu yang memiliki suhu dan kelembapan berbeda untuk menentukan parameter sensor dan penempatan aktuator, yaitu pada line 1, line 6 dan line 9. Setelah diperoleh data sampel yang diperlukan, maka dipasang sistem otomasi secara keseluruhan.

Pada saat pengambilan data, akan dicatat waktu pada saat aktuator menyala untuk menjaga suhu udara dan tanah tetap berada di bawah 30°C,

dan menjaga kelembapan udara serta tanah minimal 90%. Diagram alir untuk melakukan pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Diagram alir pengambilan data

“halaman ini sengaja dikosongkan”

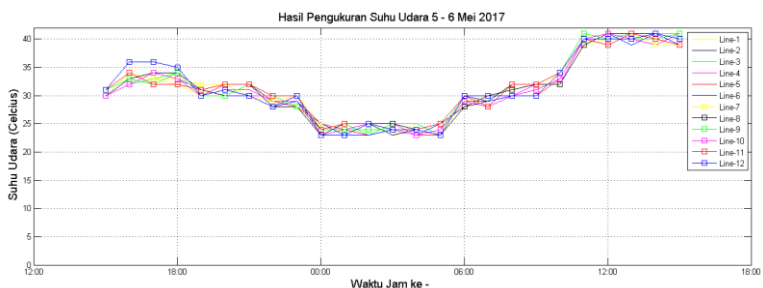
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil data yang diperoleh dari hasil pengambilan data pada otomasi *greenhouse*. Dalam penjelasan ini dibagi menjadi beberapa kasus yang ditulis sebagai berikut :

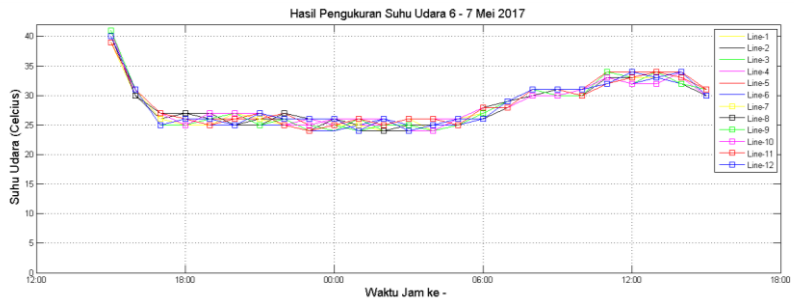
1. suhu udara dan suhu tanah pada iklim mikro di dalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi.
2. Kelembapan udara dan kelembapan tanah pada iklim mikro didalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi.
3. Hasil kerja sistem kontrol yang telah dioperasikan.

4.1 Hasil Pembacaan Data Suhu Udara Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi

Pada subbab ini, dijelaskan hasil data dari pengukuran suhu udara pada iklim mikro didalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi. Dari hasil penelitian, diperoleh data bahwa suhu udara sebelum dilakukan otomasi kurang stabil dan terlalu tinggi pada pukul 11.00 sampai pukul 15.00. Data lebih jelasnya ditampilkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. 1 Grafik perubahan suhu udara selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam



Gambar 4. 2 Grafik perubahan suhu udara selama tanggal 6 sampai 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam

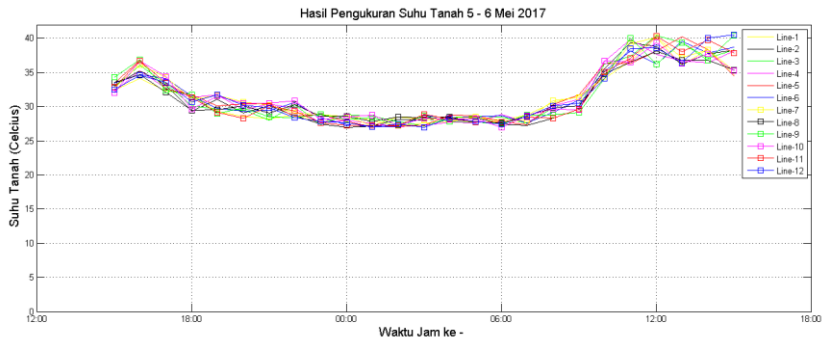
Dari grafik pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa suhu udara mengalami fluktuasi hampir disetiap jam. Pada pukul 15.00 hingga pukul 19.00 suhu udara berada diantara 30°C hingga 35°C. setelah pukul 19.00 suhu mulai turun dan stabil diantara 30°C hingga 32°C sampai pada pukul 23.00. Hal ini dikarenakan sudah tidak ada cahaya matahari yang menyebabkan kenaikan pada suhu udara. Kemudian suhu mulai turun drastis hingga 24°C sampai pukul 04.00. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa besar suhu udara di setiap line pada 12 titik hampir sama yang menunjukkan bahwa distribusi udara di dalam *greenhouse* cukup bagus. Pada siang hari ketika pukul 11.00 hingga pukul 15.00 suhu udara mencapai 40°C karena pada saat tersebut intensitas cahaya matahari yang mengenai *greenhouse* sangat tinggi, sehingga mempengaruhi suhu udara di dalam *greenhouse*.

Pada grafik selanjutnya, yaitu Gambar 4.2 menunjukkan perubahan suhu udara yang terjadi setelah dilakukan otomasi pada *greenhouse*. Grafik pada pukul 15.00 hingga 17.00 mengalami penurunan yang menunjukkan bahwa aktuator telah membantu

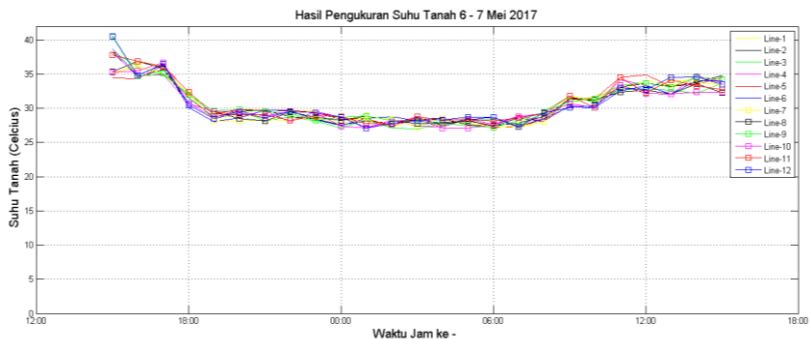
menurunkan suhu didalam *greenhouse*. Dalam waktu dua jam, yaitu pada pukul 15.00 saat pertama kali aktuator dioperasikan hingga pukul 17.00, aktuator dapat menurunkan suhu udara hingga 15°C yang semula dari suhu 40°C pada semua titik menjadi 25°C sampai 27°C. Selain itu, pada pukul 16.00 cahaya matahari mulai berkurang, sehingga secara otomatis suhu udara akan menurun seperti pada grafik sebelum dilakukan otomasi. Grafik setelah dilakukan otomasi menunjukkan bahwa penurunan suhu yang terjadi lebih drastis dan lebih stabil jika dibandingkan dengan sebelum dilakukannya otomasi. Aktuator tidak bekerja dengan maksimal pada pukul 11.00 sampai pukul 14.00 yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.2 yang mana suhu udara masih berada diatas 30°C. Hal tersebut dapat terjadi karena intensitas cahaya matahari pada waktu itu memang sangat tinggi, sehingga aktuator belum mampu menurunkan suhu hingga dibawah 30°C. Jika dibandingkan dengan keadaan iklim mikro didalam *greenhouse* sebelum dilakukan otomasi, aktuator yang diberikan telah membantu menurunkan suhu udara dengan cukup baik dan mampu menjaga agar menjadi lebih stabil.

4.2 Hasil Pembacaan Data Suhu Tanah Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi

Pada subbab ini, dijelaskan hasil data dari pengukuran suhu tanah pada iklim mikro di dalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi. Dari hasil penelitian, diperoleh data bahwa suhu tanah sebelum dilakukan otomasi sebenarnya sudah cukup stabil. Setelah dilakukan otomasi besar suhu tanah pun tidak mengalami perubahan yang cukup banyak. Data lebih jelasnya ditampilkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik perubahan suhu tanah selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam



Gambar 4. 4 Grafik perubahan suhu tanah selama tanggal 6 sampai 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam

Pada Gambar 4.3 ditunjukkan grafik suhu tanah sebelum dilakukan otomasi pada *greenhouse* yang menunjukkan bahwa suhu tanah sangat stabil pada pukul 18.00 sampai pukul 08.00. Suhu tanah pada 12 titik juga memiliki besar yang sama. Hal ini disebabkan karena variabel-variabel yang dimiliki oleh tanah tidak mudah untuk diubah dan sifat dari tanah yang tidak mudah

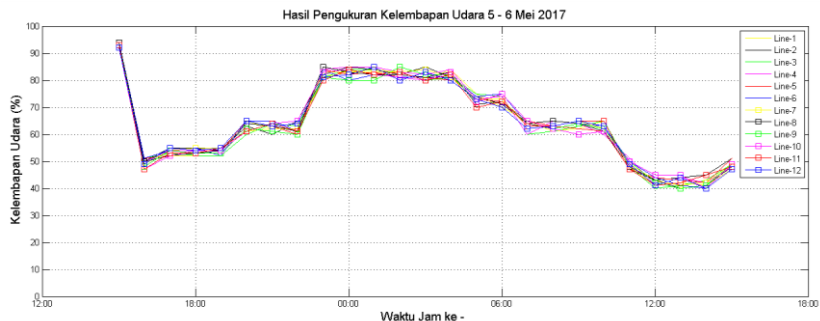
berdifusi sehingga suhu tanahpun cukup stabil. Pada siang hari suhu tanah meningkat dari pukul 09.00 sampai pukul 16.00. Dari pukul 15.00 suhu tanah sudah mulai berbeda pada tiap titik. Perbedaan suhu tanah pada 12 area disebabkan oleh sifat tanah yang tidak mudah berdifusi. Meskipun semua area memiliki jenis tanah sama yang berarti memiliki laju difusi yang sama, namun intensitas cahaya yang mengenai setiap area berbeda sehingga dapat mempengaruhi laju difusi meskipun sangat kecil.

Setelah dilakukan otomasi, tidak memberikan banyak perubahan pada besar suhu tanah yang diperlihatkan oleh grafik pada Gambar 4.4. Perbedaan yang terlihat jelas ditunjukkan pada pukul 10.00 hingga akhir grafik yang mana menunjukkan besar suhu tanah berada pada angka 30°C naik hingga 35°C saja. Hal ini terjadi karena adanya aktuator yang bekerja ketika suhu mencapai 30°C maka suhu pada *greenhouse* akan tetap terjaga pada suhu maksimal 30°C. Akan tetapi data ini menunjukkan bahwa aktuator dapat menurunkan dan menjaga suhu tanah pada angka 30°C sampai 35°C meskipun belum dapat mencapai suhu yang ditargetkan yaitu maksimal 30°C. Jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan otomasi, suhu tanah mencapai 35°C sampai 40°C sehingga dengan adanya otomasi pada *greenhouse* mampu menurunkan suhu sampai 5°C.

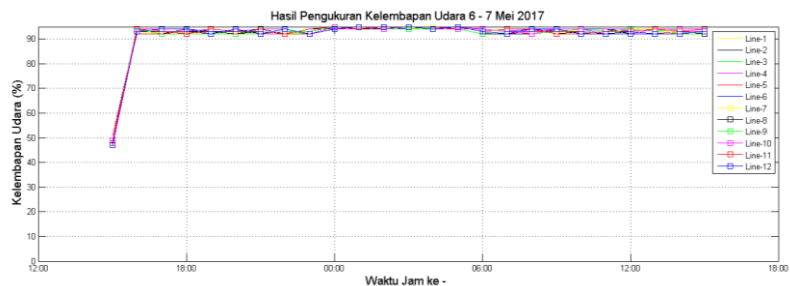
4.3 Hasil Pembacaan Data Kelembapan Udara Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi

Pada subbab ini, dijelaskan hasil data dari pengukuran kelembapan udara pada iklim mikro di dalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi. Dari hasil penelitian, diperoleh data bahwa kelembapan udara sebelum dilakukan otomasi sangat tidak stabil dan masih berada jauh dibawah standar yang diinginkan. Setelah dilakukan otomasi nilai kelembapan udara menjadi lebih stabil dan berada pada tingkat kelembapan yang

ditargetkan yaitu minimal 90%. Data lebih jelasnya ditampilkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik perubahan kelembapan udara selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam



Gambar 4. 6 Grafik perubahan kelembapan udara selama tanggal 6 hingga 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hingga 15.00 selama 25 jam

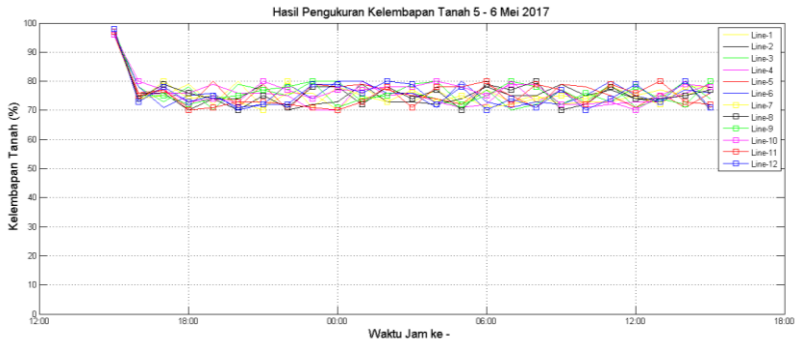
Dari garfik pada Gambar 4.5 menunjukkan data grafik kelembapan udara sebelum dilakukan otomasi yang mana kelembapan maksimalnya adalah 85% yang terjadi hanya pada pukul 23.00 sampai pukul 04.00. Pada tanggal 6 Mei 2017 tepatnya pukul 12.00 hingga pukul 14.00 kelembapan udara berada pada nilai paling rendah yaitu hanya 40%. Hal ini sangat dipengaruhi

oleh intensitas cahaya matahari. Kelembapan udara merupakan jumlah kadar air dalam udara sehingga, adanya cahaya matahari yang berlebih, yang terjadi pada siang hari, mengurangi nilai kadar air pada udara karena kadar air tersebut akan lebih banyak yang menguap oleh kalor yang diberikan oleh cahaya matahari. Oleh sebab itu nilai kelembapan udara pada siang hari akan mengalami penurunan yang drastis.

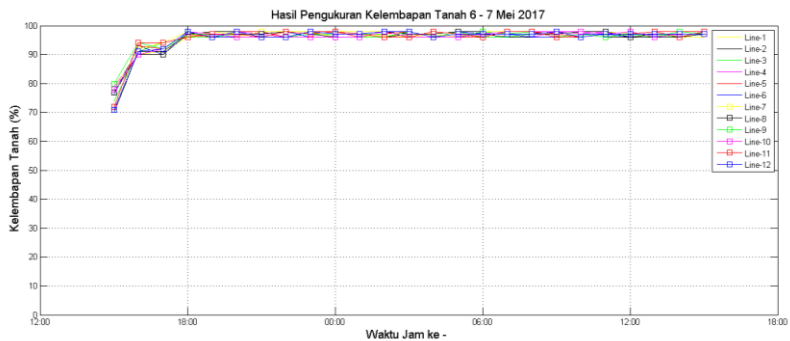
Setelah dilakukan otomasi pada *greenhouse* diperoleh data seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.6. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa pada jam pertama dilakukannya otomasi nilai kelembapan udara naik secara drastis hingga 40% dari kelembapan awal yaitu dari 50% naik sampai 90%. Kemudian pada pukul 17.00 sampai akhir pengambilan data, kelembapan stabil pada nilai 94% sampai 96% diseluruh area *greenhouse*. Data ini menunjukkan bahwa aktuator yang dioperasikan telah berhasil memenuhi target kelembapan udara yang diinginkan.

4.4 Hasil Pembacaan Data Kelembapan Tanah Sebelum dan Sesudah Dilakukan Otomasi

Pada subbab ini, dijelaskan hasil data dari pengukuran kelembapan tanah pada iklim mikro di dalam *greenhouse* sebelum dan sesudah dilakukan otomasi. Dari hasil penelitian, diperoleh data bahwa kelembapan tanah sebelum dilakukan otomasi masih terbilang stabil, namun besar kelembapan tanah pada setiap titik tidak sama yaitu berkisar antara 70% hingga 80%. Setelah dilakukan otomasi nilai kelembapan tanah menjadi lebih stabil dan memiliki nilai yang sama pada seluruh area *greenhouse* yaitu 97% sampai 98%. Data lebih jelasnya ditampilkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik perubahan kelembapan tanah selama tanggal 5 sampai 6 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hinggal 15.00 selama 25 jam



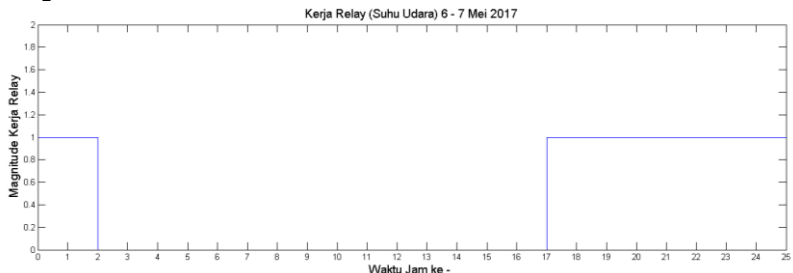
Gambar 4. 8 Grafik perubahan kelembapan tanah selama tanggal 6 hingga 7 Mei 2017. Pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 hinggal 15.00 selama 25 jam

Dari grafik pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengambilan data sebelum dilakukan otomasi pada *greenhouse*. Pada setiap area, nilai kelembapan tanah tidak persis sama meskipun perbedaannya tidak cukup jauh. Kelembapan udara cukup stabil tetapi masih belum memenuhi target yang diinginkan yaitu berkisar anatar 70% sampai 80%. Hal ini disebabkan

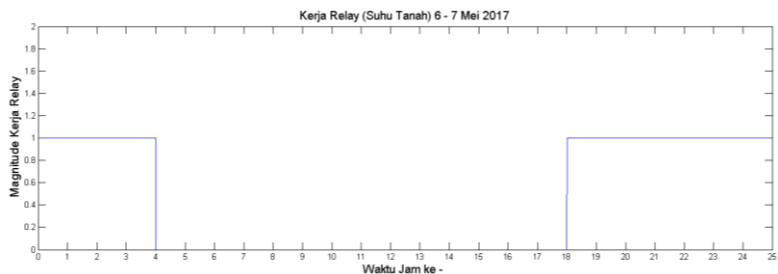
variabel-variabel pada tanah tidak mudah berubah karena tanah memiliki kerapatan massa yang cukup besar. Kelembapan tanah merupakan kandungan air pada tanah tetapi berbeda dengan kelembapan udara yang besarnya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, besar kelembapan tanah tidak berubah sama sekali dari pukul 16.00 hingga akhir pengambilan data pada pukul 15.00 tanggal 6 Mei 2017. Pada pembahasan sebelumnya mengenai suhu tanah juga menunjukkan bahwa nilai suhu tanah cukup stabil dan tidak terlalu tinggi.

Setelah dilakukan otomasi pada *greenhouse* nilai kelembapan udara naik hingga 97%. Pada jam pertama dilakukannya otomasi, kenaikan nilai kelembapan berhenti pada angka 90%. Pada jam kedua, yaitu pukul 17.00 kenaikan kelembapan tanah terjadi bertahap hingga mencapai 97% dan dapat bertahan pada nilai tersebut hingga akhir pengambilan data. Data ini menunjukkan bahwa selama dua jam, aktuator mampu menaikkan kelembapan tanah hingga 27% dan menjaga kestabilan kelembapan tanah pada seluruh area sehingga nilai kelembapan tanah diseluruh area *greenhouse* sama.

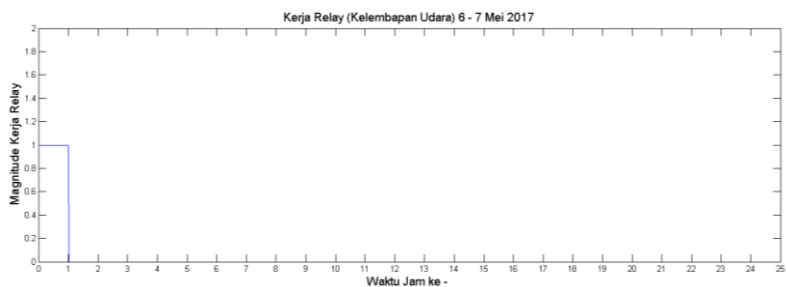
4.5 Analisa Hasil Kerja Sistem Kontrol yang Telah Dioperasikan



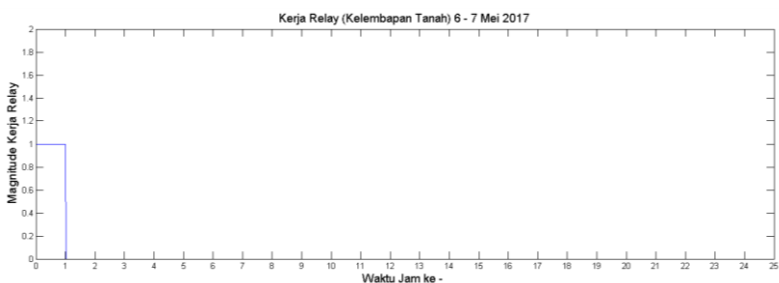
Gambar 4. 9 Grafik kerja *relay* pada variabel suhu udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017



Gambar 4. 10 Grafik kerja *relay* pada variabel suhu udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017



Gambar 4. 11 Grafik kerja *relay* pada variabel kelembapan udara tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017

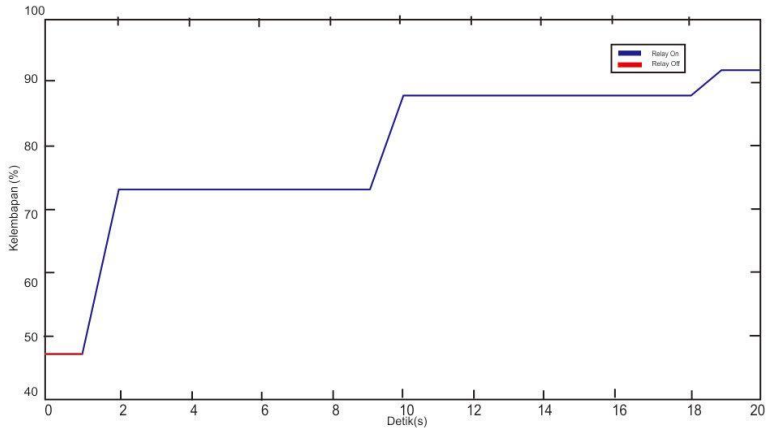


Gambar 4. 12 Grafik kerja *relay* pada variabel kelembapan tanah tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017

Dari grafik pada Gambar 4.9 ditunjukkan grafik kerja *relay* pada variabel suhu udara, dari data yang diambil pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 untuk seluruh area. Setelah dianalisis dan dibandingkan dengan grafik data suhu udara pada Gambar 4.2 didapatkan data bahwa aktuator beroperasi selama dua jam dan mampu menurunkan suhu udara sebesar 15°C pada pukul 15.00 sampai pukul 17.00. Pada hari berikutnya, aktuator beroperasi kembali mulai jam ke 17 yaitu pukul 08.00 pagi hingga akhir pengambilan data. Suhu udara dapat dikondisikan pada suhu 30°C sampai pukul 10.00 dan mulai naik hingga melebihi 30°C setelah pukul 11.00. Kerja *relay* dianggap kurang optimal karena selama aktuator beroperasi, suhu udara tidak dapat diturunkan hingga dibawah suhu yang ditargetkan yaitu 30°C . Hal ini disebabkan karena terlalu tingginya intensitas cahaya matahari sebagai faktor eksternal pada waktu tersebut yang memberikan reaksi berlawanan dengan kerja aktuator.

Grafik kerja *relay* terhadap variabel suhu tanah pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa aktuator menyala lebih lama untuk mengkondisikan suhu tanah jika dibandingkan dengan kerja aktuator untuk mengkondisikan suhu udara. Meskipun suhu tanah lebih stabil, tetapi suhu pada tanah membutuhkan waktu lebih lama untuk diturunkan karena laju difusi pada tanah lebih lambat daripada laju difusi pada udara.

Grafik pada Gambar 4.11 dan pada Gambar 4.12 menunjukkan jam operasi *relay* yang sama. Jika dibandingkan dengan grafik data kelembapan udara dan tanah pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.8 kerja aktuator sangat optimal karena dapat menaikkan nilai kelembapan dan menjaga tetap stabil pada nilai yang ditargetkan yaitu minimal 90%.



Gambar 4. 13 Grafik waktu *delay* kerja *relay* terhadap *input* data dari sensor

Relay bekerja setelah menerima *input* data berupa suhu atau kelembapan dari modul sensor. Dari grafik pada Gambar 4.13 diperlihatkan waktu *delay* yang diperlukan untuk *relay* menerima *input* data dari sensor yaitu selama satu detik. Hal ini disebabkan karena didalam modul sensor digunakan kabel LAN sebagai media transfer data dari sensor menuju *relay*. Dari grafik waktu *delay* ini juga dapat diketahui bahwa kerja kontrol sangat cepat dalam menanggapi perubahan kondisi lingkungan yang dibaca oleh modul sensor sehingga dapat dikatakan bahwa kerja kontrol cukup efisien.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada *Greenhouse* dengan ukuran 16×6 meter dapat digunakan 12 *valve* yang dipasang pada 12 titik diseluruh area dan 4 kipas yang diletakkan pada sisi kiri dan kanan *greenhouse* untuk menjaga suhu maksimal 30°C dan kelembapan minimal 90%.
2. Aktuator bekerja kurang maksimal dalam menjaga suhu udara dan tanah pada iklim mikro didalam *greenhouse* karena intensitas cahaya matahari yang terlalu tinggi pada pukul 11.00 sampai pukul 14.00.
3. Sistem kontrol yang dilakukan dengan jumlah aktuator yang diberikan mampu menjaga kelembapan udara dan tanah pada nilai yang ditargetkan yaitu minimal 90% .

5.2 Saran

Penambahan aktuator sangat disarankan untuk lebih mengoptimalkan hasil dari optimasi iklim mikro di dalam *greenhouse*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bucur, R. D. (2010). Greenhouse Project Construction and Planning Design . *Lucrari Stiintifice*, 4.
- Diansari, M. (2008). Pengaturan suhu, kelembaban, waktu pemberian nutrisi dan waktu pembuangan air untuk pola cocok tanam hidroponik berbasis mikrokontroler AVR ATMega 8535. 5.
- Erianto, M. (2013). Agroklimatologi . 3.
- Fahmi, M. N., Yohana, E., & Sugiyanto. (2014). Simulasi Distribusi Suhu dan Kelembapan Relatif pada Rumah Tanaman (Green House) dengan Sistem Humidifikasi. *Jurnal Teknik Mesin - UNDIP*, 8.
- Griffiths, D. J. (1999). *Introduction To Electrodynamics*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1984). *Fisika Edisi ke 3*. Jakarta: Erlangga.
- Handoko. (1994). Klimatologi. 3.
- K, A., Yendri, D., & Aiswarya, R. (2013). Perancangan sistem monitoring suhu, kelembaban dan titik embun udara secara realtime menggunakan mkrokontroler arduino dengan logika fuzzy yang dapat diakses melalui internet. *ISJ*, 2.
- Katsoulas, N., Sapounas, A., D, Z. d., J.A., D., & C., S. (2015). Reducing Ventilation Requirements in Semi-Closed

Greenhouse Increase Water use Efficiency. *elsevier*, 90-99.

Massachusetts Departmen of Agricultural Resources. (2010). *Massachusetts Greenhouse Industry Best Management Practices Guide*. Massachusetts: UMass Extension.

Mathias Coomans, Koen Allaerts, Lieve Wittemans, Dave Pinxteren. (2013). Monitoring and Energetic Performance of Two Similar Semi-Closed Greenhouse Ventilation Systems. *Science Direct*, 128-136.

Munir, M. S. (2010). Rancangan smart greenhouse dengan teknologi mobile untuk efisiensi tenaga, biaya, dan waktu dalam pengelolaan tanaman . 5.

Pamungkas, B. A. (2015). Perancangan Jaringan Sensor Terdistribusi Untuk Pengaturan Suhu, Kelembaban, Dan Intensitas Cahaya. 5.

Sari, D. V. (2015). Sistem Pengukuran Suhu Tanah Menggunakan Sensor DS18B20 dan Perhitungan Resistivitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner. 4.

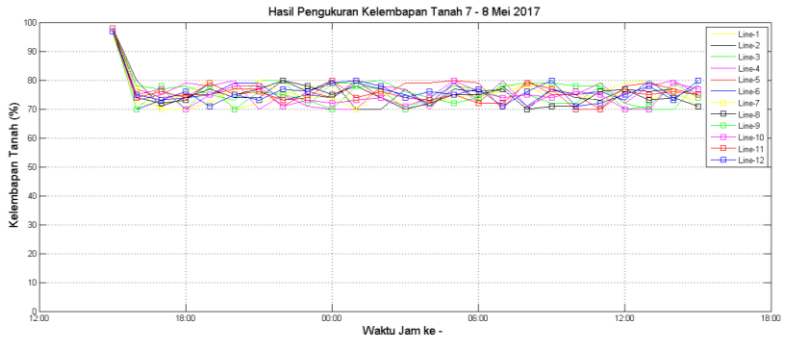
Shafwandi. (2011). Greenhouse. *Science Direct*.

Susilo, M. (2016). *Listri Magnet*. Jakarta: KEMENDIKBUD.

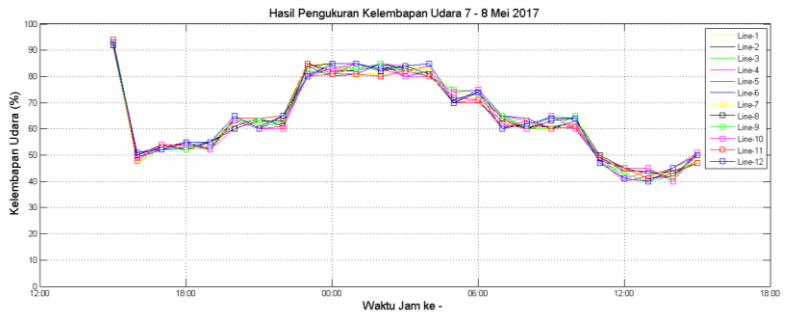
Tamrin. (2005). Desain dan pemodelan sistem kontrol adaptif lingkungan- biologik dalam rumah tanaman. 23.

- Telaumbanua, M., Purwantana, M., & Lilik, S. (2014). Rancang bangun aktuator pengendali iklim mikro di dalam greenhouse untuk pertumbuhan tanaman sawi. 2.
- Viridi, S. (2010). *Fisika Dasar*. Jakarta.
- Wei, A., & Cifa, C. (2010). Green House Environment Monitor. *Science Direct*, 6.
- Wicaksono, H. (2012). *Automasi 1*. Jakarta: Universitas Kristen Petra.
- zulfa, v. z. (2017). *Optimasi Persebaran Suhu Dan Kelembaban Pada Iklim Mikro Greenhouse Untuk Pertumbuhan Tanaman*. Surabaya: ITS.

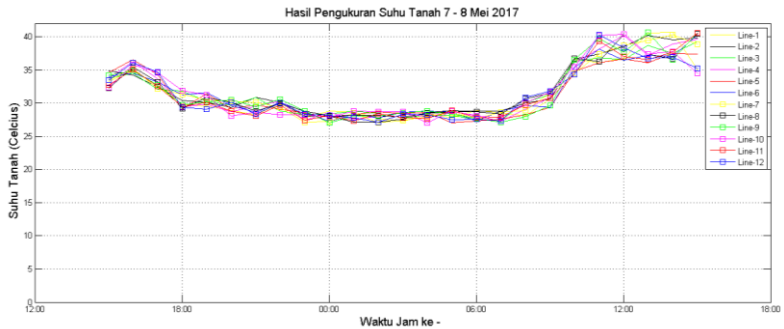
LAMPIRAN



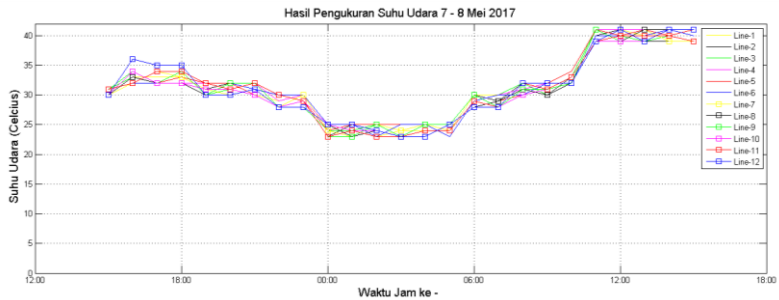
Gambar 1. Hasil pengukuran kelembapan tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017



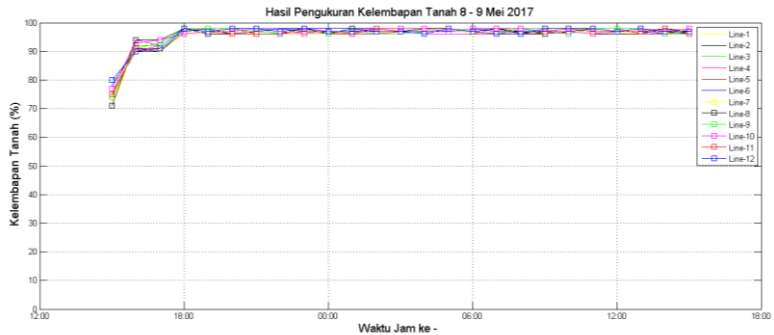
Gambar 2. Hasil pengukuran kelembapan udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017



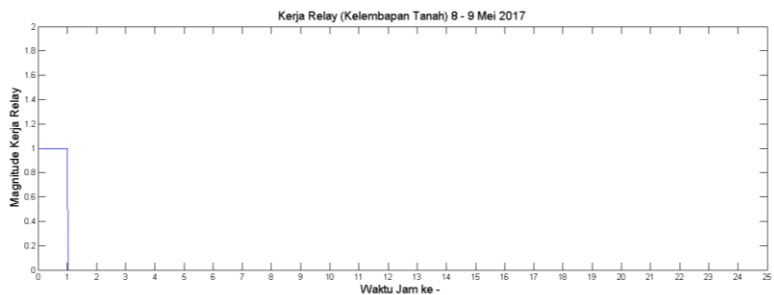
Gambar 3. Hasil pengukuran suhu tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017



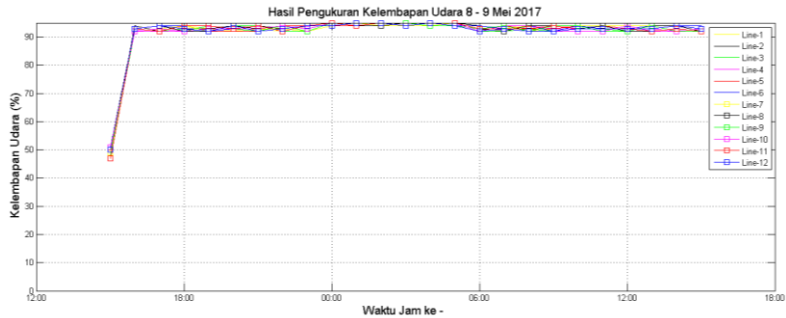
Gambar 4. Hasil pengukuran suhu udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017



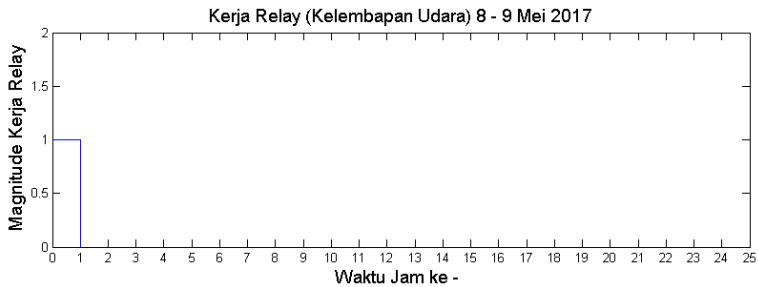
Gambar 5. Hasil pengukuran kelembapan tanah setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



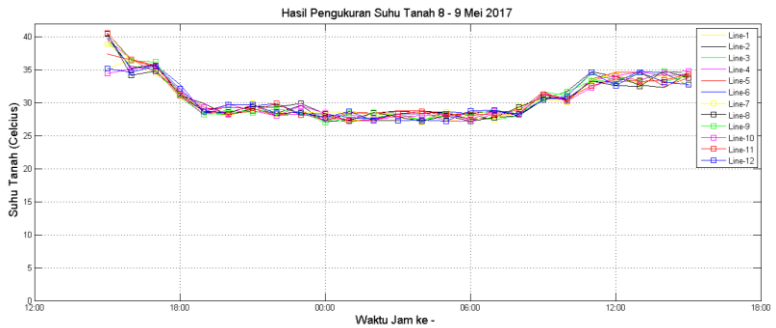
Gambar 6. Grafik kerja relay terhadap kelembapan tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



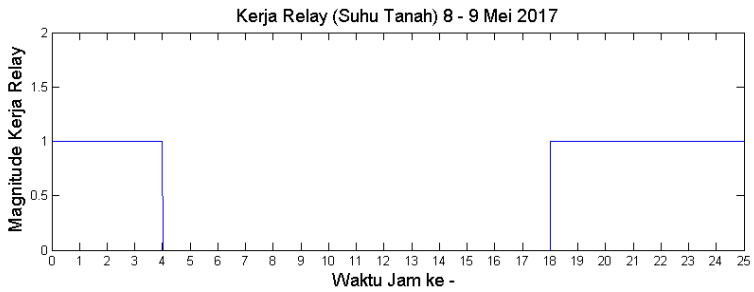
Gambar 7. Hasil pengukuran kelembapan udara setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



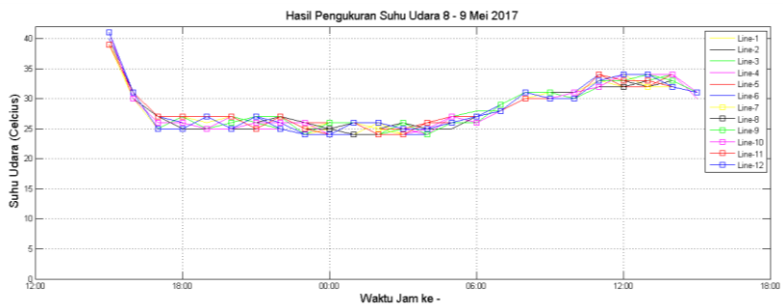
Gambar 8. Grafik kerja relay terhadap kelembapan udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



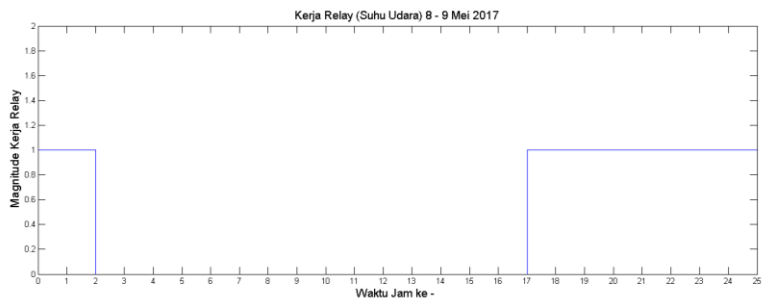
Gambar 9. Hasil pengukuran suhu tanah setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



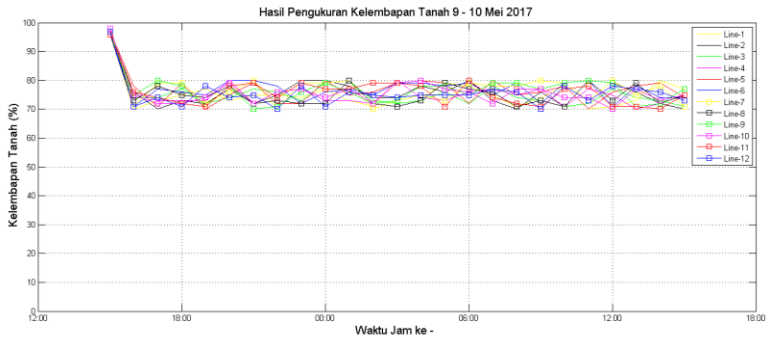
Gambar 10. Grafik kerja relay terhadap suhu tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



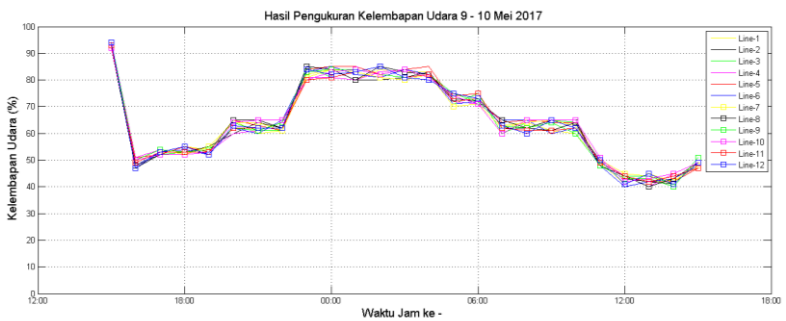
Gambar 11. Hasil pengukuran suhu udara setelah dilakukan otomasi pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



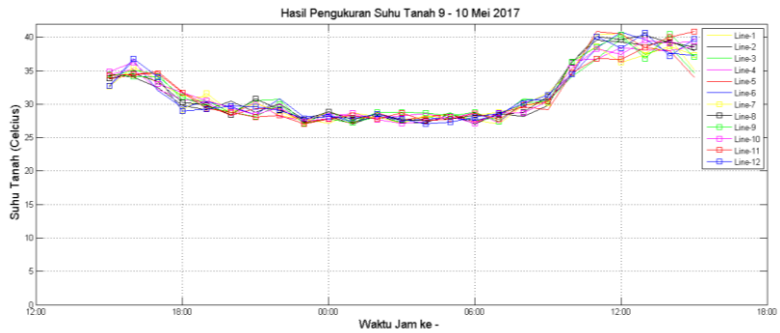
Gambar 12. Grafik kerja relay terhadap suhu udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017



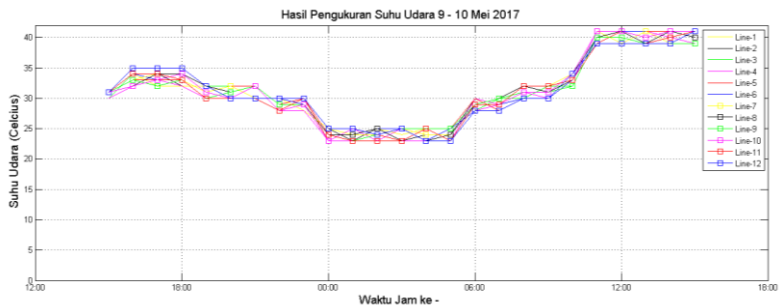
Gambar 13. Hasil pengukuran kelembapan tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017



Gambar 14. Hasil pengukuran kelembapan udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017



Gambar 15. Hasil pengukuran suhu tanah tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017



Gambar 16. Hasil pengukuran suhu udara tanpa dilakukan otomasi pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017

Tabel 1. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	30	31	30	31	30	30	30	30	31	30	31	31
16:00	32	34	32	33	34	32	34	33	33	32	34	36
17:00	33	33	33	32	32	34	33	34	32	34	32	36
18:00	32	34	34	34	34	33	33	34	34	33	32	25
19:00	30	30	31	30	30	31	32	31	30	30	31	30
20:00	30	32	32	31	32	30	32	30	30	31	32	31
21:00	30	32	32	31	30	30	30	32	32	30	32	30
22:00	29	29	28	29	29	28	29	28	30	30	30	28
23:00	30	29	28	29	28	29	30	28	28	30	30	30
0:00	24	24	23	23	25	25	25	23	24	24	24	23
1:00	24	24	25	24	24	23	25	25	24	25	25	23
2:00	25	25	23	25	23	23	25	25	24	25	25	25
3:00	23	23	25	25	24	24	24	25	24	24	24	24
4:00	25	24	25	23	23	23	24	24	23	23	24	24

5:00	23	23	23	23	23	25	23	25	24	24	25	23
6:00	29	28	30	29	29	30	29	28	30	29	30	30
7:00	30	29	28	28	29	29	30	30	30	28	28	30
8:00	30	32	30	30	30	30	30	31	30	30	32	30
9:00	32	32	31	32	30	31	31	32	30	31	32	30
10:00	34	32	33	32	33	34	34	32	34	33	34	34
11:00	39	40	40	40	40	40	40	39	41	40	40	40
12:00	40	41	40	41	41	41	39	41	40	41	39	40
13:00	41	40	41	40	41	39	41	41	40	40	41	40
14:00	41	39	41	39	41	41	39	41	40	41	40	41
15:00	39	41	41	41	40	39	39	40	41	40	39	40

Tabel 2. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	93	93	94	94	93	94	94	94	93	92	93	92
16:00	50	50	51	50	51	51	49	50	48	47	47	49

17:00	52	55	53	54	52	54	54	52	54	52	53	55
18:00	52	55	52	54	53	55	55	53	53	54	53	54
19:00	52	54	52	55	54	52	55	54	53	54	55	55
20:00	65	63	60	65	65	65	61	64	62	61	61	65
21:00	62	60	64	63	63	65	62	63	61	64	64	63
22:00	62	65	63	61	60	61	62	61	60	65	61	64
23:00	81	82	81	84	84	84	83	85	81	83	80	81
0:00	83	85	84	85	82	80	83	83	80	84	84	82
1:00	83	84	84	85	83	82	84	82	80	82	82	85
2:00	83	82	83	83	81	81	83	82	85	81	83	80
3:00	80	85	80	82	81	81	84	81	82	80	80	83
4:00	84	81	81	84	80	81	81	83	82	83	82	80
5:00	75	74	75	73	73	74	73	71	72	72	70	73
6:00	70	71	74	74	72	75	73	72	75	75	72	70
7:00	65	64	60	60	65	64	63	64	65	65	63	62
8:00	61	62	61	65	63	65	63	65	62	62	63	63

9:00	62	64	63	64	62	64	65	64	64	60	65	65
10:00	65	61	65	60	61	63	62	61	62	61	65	63
11:00	48	47	48	51	47	50	49	48	50	50	47	49
12:00	41	43	40	41	44	44	43	43	42	45	41	41
13:00	42	44	41	44	43	41	41	40	40	45	42	44
14:00	41	45	43	42	42	40	42	41	41	40	45	40
15:00	47	51	49	48	51	49	49	48	49	49	48	47

Tabel 3. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	32.45	33.12	32.84	32.23	33.49	33.46	32.76	33.52	34.31	32.02	32.88	32.48
16:00	34.11	35.23	36.05	35.29	36.84	34.73	36.15	34.7	36.88	36.75	36.68	34.59
17:00	32.31	33.19	33.34	32.66	32.59	34.1	34.34	32.1	32.39	34.38	33.43	33.6
18:00	31.72	29.34	30.16	31.39	31.7	31.55	31.07	29.43	31.76	29.61	31.32	30.72
19:00	29.27	31.07	29.65	31.72	30.1	29.71	31.67	29.57	29.01	31.58	29.14	31.7
20:00	28.58	29.05	29.52	29.55	30.41	29.34	30.73	30.11	29.87	30.47	28.33	30.25

21:00	28.18	30.1	28.02	30.43	30.43	29.45	30.18	29.1	28.51	30.46	30.08	29.79
22:00	28.82	28.68	30.35	29.75	28.57	30.64	29.06	30.32	28.4	30.87	29.4	28.41
23:00	27.68	27.41	27.31	27.66	28.86	28.38	28.85	28.61	28.84	28.07	27.62	27.86
0:00	28.77	27	28.84	28.04	27.83	27.32	28.52	28.61	28.12	28.49	27.26	27.62
1:00	28	27.13	28.55	27.53	27.09	27.06	27.26	27.84	28.36	28.75	27.29	27.08
2:00	27.12	28.13	27.82	27.08	27.19	27.05	28.45	28.51	27.36	27.26	27.22	27.48
3:00	27.61	28.03	27.2	27.27	27.29	28.66	28.08	28.44	28.7	28.35	28.87	27
4:00	27.78	28.4	28.36	27.69	28.76	28.42	28.32	28.45	27.83	28.18	28.23	28.26
5:00	28.42	28.37	28.61	27.68	28.7	28.49	28.47	27.71	27.7	28.25	27.72	27.78
6:00	28	27.43	28.46	28.87	27.85	28.72	27.67	27.62	27.51	27	27.72	27.41
7:00	28.82	27.27	27.57	27.61	27.36	27.66	28.13	28.61	28.8	28.7	28.5	28.63
8:00	30.56	28.32	29.82	30.15	30.29	29.12	30.88	29.79	28.81	29.68	28.29	30.15
9:00	31.62	29.67	30.11	31.08	31.7	31.01	31.34	30.16	29.2	29.54	29.65	30.51
10:00	34.13	35.6	36.24	36.6	36.36	35.19	34.39	34.83	34.16	36.66	35.08	34.13
11:00	36.66	39.42	37.34	39.82	36.33	38.12	39.16	36.54	40.06	36.49	37.04	38.52
12:00	40.14	38.81	40.39	37.62	38.18	36.23	40.13	38.18	36.24	39.39	40.36	38.62

13:00	36.05	36.21	39.35	36.69	40.19	39.56	37.21	36.79	39.36	36.3	38.05	36.4
14:00	38.43	37.78	37.09	36.44	38.32	37.82	38.36	36.78	36.82	37.74	39.73	40.06
15:00	34.71	38.26	38.33	38.13	34.46	38.67	35.29	35.34	40.41	35.24	37.83	40.51

Tabel 4. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 5 Mei 2017 sampai 6 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	96	96	97	96	96	96	98	97	98	96	97	98
16:00	74	76	78	75	76	78	73	74	75	80	75	73
17:00	75	76	73	76	77	71	80	79	75	77	77	78
18:00	79	70	78	76	71	75	74	76	72	73	70	73
19:00	72	74	70	79	80	76	75	74	74	74	71	75
20:00	80	74	79	76	71	70	73	70	75	73	73	71
21:00	71	79	77	76	79	72	70	75	77	80	73	72
22:00	76	70	75	75	70	79	80	71	78	77	72	72
23:00	76	72	80	70	79	74	71	78	80	74	71	79
0:00	70	73	80	70	78	80	78	78	71	77	70	79

1:00	78	79	73	80	79	80	75	72	74	77	73	76
2:00	73	73	76	75	77	76	73	78	75	78	78	80
3:00	73	73	76	76	75	76	77	74	79	78	71	79
4:00	77	72	74	73	74	71	73	77	80	80	78	72
5:00	72	74	71	71	72	80	75	70	72	78	78	78
6:00	77	78	77	72	79	73	71	79	75	75	80	70
7:00	73	75	70	80	75	71	72	77	80	79	72	74
8:00	75	75	72	73	71	73	74	80	78	79	79	71
9:00	72	79	77	77	79	72	75	70	72	72	77	77
10:00	73	75	73	71	78	75	74	72	76	72	72	70
11:00	73	77	79	72	75	80	78	78	73	73	79	74
12:00	75	74	71	73	71	75	75	74	78	70	76	79
13:00	77	73	74	73	76	73	72	74	74	75	80	73
14:00	75	80	80	76	71	77	78	75	72	79	73	80
15:00	78	70	74	79	76	76	78	77	80	78	72	71

Tabel 5. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	39	41	41	41	40	39	39	40	41	40	39	40
16:00	30	30	30	30	31	31	31	30	31	31	31	31
17:00	27	26	27	27	25	25	26	27	25	27	27	25
18:00	25	27	25	25	26	26	25	27	25	25	26	26
19:00	25	26	27	27	26	25	27	27	26	27	25	26
20:00	27	25	25	25	26	25	27	25	27	27	26	25
21:00	27	26	25	25	26	25	26	25	25	27	27	27
22:00	25	26	25	25	27	25	25	27	26	25	25	26
23:00	24	24	25	26	25	24	24	26	24	25	24	26
0:00	26	26	24	25	26	24	25	26	25	26	25	26
1:00	24	25	26	25	26	25	25	24	24	26	26	24
2:00	25	24	24	25	25	26	24	24	25	26	25	26
3:00	26	24	25	26	25	25	25	25	25	24	26	24
4:00	24	25	24	26	24	25	24	25	24	24	26	25

5:00	26	25	25	26	25	25	26	26	25	26	25	26
6:00	27	28	27	28	26	26	26	26	27	28	28	26
7:00	29	29	29	28	28	28	28	28	29	28	28	29
8:00	31	30	31	30	31	31	31	30	31	30	31	31
9:00	30	31	30	31	30	30	31	31	30	30	31	31
10:00	31	30	31	30	31	30	30	30	30	31	30	31
11:00	32	34	33	34	34	33	34	33	34	33	32	32
12:00	33	34	32	33	34	32	33	33	33	32	33	34
13:00	34	33	34	34	34	33	33	34	34	32	34	33
14:00	34	34	33	33	34	32	34	32	32	34	33	34
15:00	31	31	31	30	31	30	30	30	31	30	31	30

Tabel 6. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	47	51	49	48	51	49	49	48	49	49	48	47
16:00	94	93	94	94	92	94	93	94	94	94	94	93

17:00	92	93	93	93	92	92	92	92	92	94	93	94
18:00	92	93	93	93	93	94	94	94	92	94	92	94
19:00	92	93	92	94	92	93	92	92	92	92	94	92
20:00	93	92	92	93	94	93	94	92	92	94	93	94
21:00	92	93	92	94	92	94	92	94	92	92	93	92
22:00	92	92	93	94	92	92	93	92	93	92	92	94
23:00	93	94	93	92	94	92	92	92	92	92	92	92
0:00	95	94	95	94	95	94	94	95	95	95	94	94
1:00	95	94	95	94	94	95	95	95	95	95	95	95
2:00	95	94	94	95	95	95	94	94	94	94	95	95
3:00	94	94	95	94	95	94	94	95	94	95	95	95
4:00	94	94	95	94	95	94	95	94	94	94	94	94
5:00	94	95	94	95	94	94	95	94	94	94	95	95
6:00	92	93	92	94	92	92	93	92	92	94	93	93
7:00	93	92	93	93	92	93	94	92	93	93	94	92
8:00	93	92	93	93	93	94	94	94	92	92	94	94

9:00	93	93	94	94	93	93	92	92	93	94	92	94
10:00	94	94	94	94	93	94	94	93	94	94	92	92
11:00	94	94	93	94	92	94	93	92	93	92	93	92
12:00	93	92	94	94	93	93	94	93	94	92	93	92
13:00	94	92	93	94	92	92	94	94	93	94	94	92
14:00	92	93	92	93	93	92	92	93	94	94	93	92
15:00	92	94	92	93	94	93	93	92	94	94	94	93

Tabel 7. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	34.71	38.26	38.33	38.13	34.46	38.67	35.29	35.34	40.41	35.24	37.83	40.51
16:00	36.79	34.59	36.13	34.77	34.3	34.82	36.01	36.86	34.75	35.48	36.84	34.81
17:00	36.03	35.62	34.87	34.88	36.21	36.42	35.08	35.83	35.08	36.66	36.09	36.49
18:00	32	31.57	32.1	30.79	32.36	30.14	32.31	30.66	32.02	30.72	32.34	30.5
19:00	28.42	28.67	29.12	28.71	29.15	28.09	28.13	29.55	29.65	29.53	29.16	28.5
20:00	29.04	29.51	29.81	29.75	29.84	28.64	28.12	28.47	29.84	29.57	29.08	29.4

21:00	28.65	29.74	28.12	29.69	29.73	29.7	28.3	28.11	29.55	28.87	29.12	28.59
22:00	29.58	28.8	28.81	28.07	29.71	29.62	28.21	29.45	29.3	29.54	28.24	29.51
23:00	29.64	28.42	28.15	29.54	29.34	28.35	28.84	28.67	28.2	29.36	28.85	29.35
0:00	28.37	27.56	27.09	28.66	28.45	27.47	27.8	28.28	28.75	27.43	28.81	28.7
1:00	28.43	28.11	28.29	27.16	28.49	28.5	28.84	28.85	28.88	27.12	27.81	27.07
2:00	27.27	27.76	27.1	28.25	27.42	28.78	28.39	28.24	28.24	28.05	27.69	27.72
3:00	28.3	28.44	27.03	27.43	28.71	28.14	27.28	27.79	28.13	28.46	28.82	28.19
4:00	27.41	28.53	27.65	27.25	27.5	27.84	28.56	27.74	27.78	27.1	28.24	28.33
5:00	28.34	27.62	28.17	28.38	28.31	28.34	27.78	28.17	27.48	27.1	28.38	28.7
6:00	28.66	27.38	28.39	27.63	27.23	28.74	27.29	27.53	27.23	27.61	28.18	28.66
7:00	27.09	28.65	27.39	28.88	27.35	27.2	27.38	27.82	28.24	28.79	28.59	27.28
8:00	28.15	28.09	29.55	28.17	28.51	28.5	28.01	28.78	29.49	29.28	29.27	29.34
9:00	30.68	31.52	31.77	30.37	31.52	30.22	31.84	31.38	31	30.65	31.77	30.12
10:00	31.77	31.01	30.83	30.25	31.41	30.07	31.1	31.28	31.4	30.15	30.14	30.36
11:00	32.5	33.09	32.66	34.16	34.53	32.6	33.27	32.34	33.43	33.36	34.54	33.06
12:00	34.2	33.64	32.81	33.38	34.86	33.34	32.2	32.62	33.66	32.17	32.26	32.75

13:00	33.34	33.19	32.66	32.02	33.17	32.11	34.26	32.06	33.09	32.08	34.18	34.57
14:00	34.84	33.75	32.16	34.77	33.54	34.06	33.72	33.62	34.56	32.34	33.27	34.64
15:00	33.26	34.82	33.73	33.7	34.56	34.02	33.48	32.28	34.22	32.33	32.7	33.5

Tabel 8. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 6 Mei 2017 sampai 7 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	78	70	74	79	76	76	78	77	80	78	72	71
16:00	90	91	91	90	93	93	92	90	94	90	94	91
17:00	91	91	94	90	92	90	94	90	92	92	94	92
18:00	96	97	96	97	97	98	98	97	97	98	96	98
19:00	98	98	96	96	96	96	97	97	97	97	97	96
20:00	97	98	97	98	98	96	96	97	97	96	97	98
21:00	97	96	96	97	98	96	98	97	96	96	96	96
22:00	96	96	96	96	96	98	98	98	96	96	98	96
23:00	98	97	97	98	98	96	98	97	96	96	97	98
0:00	98	97	97	96	98	96	96	96	96	96	98	97

1:00	98	97	97	96	96	96	96	96	96	96	97	97
2:00	98	98	97	98	97	96	97	96	96	98	96	98
3:00	98	97	98	96	98	97	96	97	98	96	96	98
4:00	96	97	96	98	96	97	97	97	96	96	98	96
5:00	96	96	98	97	96	98	96	98	96	96	97	97
6:00	98	97	96	97	96	97	98	98	98	97	96	97
7:00	98	96	96	97	98	97	97	97	97	98	98	97
8:00	98	96	97	96	98	96	97	97	98	98	98	97
9:00	98	96	98	98	97	96	97	97	96	98	96	98
10:00	96	97	97	97	96	97	98	98	97	98	96	96
11:00	97	96	98	98	97	97	98	98	96	97	97	97
12:00	96	96	97	97	97	96	97	96	97	98	97	97
13:00	96	97	97	96	98	96	97	96	96	96	98	97
14:00	96	96	96	98	98	97	97	96	98	97	96	97
15:00	96	98	98	97	98	97	97	97	97	97	98	97

Tabel 9. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	31	31	31	30	31	30	30	30	31	30	31	30
16:00	33	33	33	33	34	32	32	33	34	34	32	37
17:00	33	32	32	32	32	32	34	32	32	32	34	35
18:00	33	33	32	32	33	32	33	32	34	32	34	25
19:00	32	31	30	32	32	30	31	30	30	31	32	30
20:00	32	32	31	32	32	32	30	30	32	31	31	30
21:00	30	31	30	32	30	31	31	31	32	30	32	31
22:00	29	28	28	29	28	30	28	28	28	28	30	28
23:00	30	29	28	30	29	30	30	29	29	29	29	28
0:00	24	23	24	25	24	25	24	25	23	25	23	25
1:00	25	25	24	23	25	25	23	23	23	24	24	25
2:00	23	23	25	25	25	23	25	24	25	24	23	24
3:00	24	23	25	23	25	25	24	23	23	23	23	23
4:00	24	25	25	25	25	25	25	23	25	24	24	23

5:00	24	25	24	24	25	23	24	25	25	24	24	25
6:00	30	30	29	29	28	29	29	28	30	29	29	28
7:00	30	29	30	30	29	30	28	29	28	28	28	28
8:00	30	32	32	31	30	30	31	31	31	30	32	32
9:00	31	30	30	32	32	32	31	30	31	31	31	32
10:00	32	32	33	34	34	32	32	33	32	33	33	32
11:00	40	40	41	41	41	40	41	39	41	39	39	39
12:00	41	41	40	41	40	40	39	39	39	39	40	41
13:00	40	39	39	41	41	40	41	41	39	39	40	39
14:00	41	39	40	41	40	41	39	41	41	41	40	41
15:00	40	39	39	41	41	40	39	41	41	41	39	41

Tabel 10. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	92	94	92	93	94	93	93	92	94	94	94	93
16:00	47	47	47	51	50	49	47	50	51	48	49	51

17:00	53	53	53	53	53	52	52	54	52	54	53	52
18:00	53	55	54	54	54	53	52	52	52	54	55	55
19:00	52	52	55	52	53	55	55	55	53	52	55	55
20:00	62	64	64	60	64	61	63	60	63	63	65	65
21:00	64	61	61	63	64	64	62	63	63	60	60	60
22:00	65	65	62	62	65	61	64	63	62	60	61	65
23:00	83	85	81	80	80	84	85	84	82	81	85	80
0:00	85	82	84	83	81	80	85	85	81	83	81	85
1:00	80	82	83	82	85	81	80	85	83	85	81	85
2:00	81	85	83	85	83	85	82	82	85	83	80	83
3:00	85	83	83	84	82	80	84	84	82	80	82	84
4:00	82	80	80	81	84	82	82	81	80	80	80	85
5:00	75	72	72	70	70	70	75	70	75	74	72	71
6:00	72	71	71	71	70	75	72	74	74	75	71	74
7:00	65	61	65	65	63	65	63	64	65	62	60	60
8:00	60	61	61	63	60	64	61	60	60	60	63	62

9:00	60	61	65	60	61	60	60	63	60	65	60	64
10:00	62	60	64	61	62	63	65	64	65	60	61	64
11:00	48	48	47	49	48	49	50	50	47	49	49	47
12:00	45	45	44	41	40	44	43	45	43	45	45	41
13:00	42	43	44	44	42	44	45	41	40	45	41	40
14:00	44	44	43	41	45	41	41	42	42	40	43	45
15:00	48	47	48	50	51	51	49	51	50	51	47	50

Tabel 11. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 7 Mei 2017 sampia 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	33.26	34.82	33.73	33.7	34.56	34.02	33.48	32.28	34.22	32.33	32.7	33.5
16:00	34.82	34.23	34.45	36.24	36.53	34.47	35.23	35.4	34.88	35.75	35.02	36.07
17:00	32.53	32.42	32.07	33.63	34.27	33.21	32.13	33.15	32.75	34.62	32.5	34.65
18:00	29.7	30.35	31.82	29.45	29.15	31.25	31.32	29.18	29.72	31.86	29.46	29.36
19:00	29.57	30.06	30.29	29.78	31.41	31.61	30.48	30.84	30.18	31.26	30.12	29.1
20:00	28.87	29.31	29.66	28.69	29.2	29.6	30.28	30.13	30.45	28.07	28.78	30.07

21:00	28.21	30.81	30.86	29.54	29.74	28.63	30.11	28.81	29.44	28.65	28.03	28.29
22:00	30.04	30.06	28.75	30.27	29.1	30.06	29.35	29.87	30.54	28.28	29.75	30
23:00	27.77	28.08	28.23	27.39	28.54	28.72	27.11	28.79	28.8	28.24	27.4	28.29
0:00	28.82	28.07	28.33	28.61	27.84	27.25	27.25	28.06	27.06	27.84	28.12	28.17
1:00	28.57	27.12	28.75	27.48	28.22	28.35	28.49	28.12	28.08	28.82	27.32	27.76
2:00	27.72	27.14	28.44	28.03	28.71	27.79	27.06	28.13	28.08	28.67	28.43	27.08
3:00	27.25	27.58	27.76	28.65	28.46	28.62	27.41	27.83	28.5	28.7	27.75	28.29
4:00	28.45	28.55	28.16	27.84	28.59	28.75	28	28.56	28.77	27.01	27.69	28.24
5:00	27.73	28.57	28.12	28.67	27.05	28.61	28.47	28.87	28.29	28.77	28.85	27.52
6:00	28.87	28.77	27.47	28.12	27.31	27.26	27.69	28.72	27.7	28.03	27.78	27.57
7:00	28.51	28.78	27.43	27.21	27.58	28.75	28.64	28.3	27.12	27.75	27.88	27.3
8:00	28.01	30.05	30.14	29.12	28.24	29.61	28.86	30.62	28	30.04	29.77	30.84
9:00	30.65	30.53	31.28	30.83	29.32	29.39	31.47	31.51	29.61	31.72	30.8	31.82
10:00	36.57	36.6	36.23	36.03	34.75	35.35	34.5	36.71	36.56	35.44	34.28	34.26
11:00	36.1	37.34	36.83	38.11	36.05	38.12	37.39	36.28	39.73	40.15	39.34	40.25
12:00	36.77	38.49	36.57	40.15	36.61	36.45	38.72	40.38	37.7	40.34	37.03	38.29

13:00	40.54	40.2	38.72	37.16	36.06	37.22	39.45	37.4	40.62	37.34	36.58	36.77
14:00	40.61	39.52	37.52	38.86	37.5	37.01	40.23	36.61	36.52	37.78	37.65	36.88
15:00	35.08	39.84	39.23	39.61	37.42	40.31	38.88	40.5	40.58	34.48	40.52	35.19

Tabel 12. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 7 Mei 2017 sampai 8 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	96	98	98	97	98	97	97	97	97	97	98	97
16:00	72	80	78	73	77	70	77	74	70	75	74	75
17:00	71	71	77	75	74	73	70	72	78	77	76	73
18:00	76	74	78	79	75	74	70	73	70	70	74	76
19:00	80	77	75	78	75	75	72	79	78	75	79	71
20:00	70	74	73	80	77	79	77	75	70	78	75	75
21:00	72	74	80	70	77	79	79	77	76	78	76	73
22:00	75	80	80	75	71	73	76	80	75	71	73	77
23:00	78	76	71	71	76	75	74	78	73	73	74	76
0:00	78	80	79	70	74	74	74	75	70	72	80	79

1:00	72	70	79	70	80	79	70	78	78	73	74	80
2:00	77	70	80	78	74	77	76	74	77	74	76	78
3:00	75	77	76	77	79	75	71	70	70	71	74	74
4:00	72	71	74	70	79	72	74	72	74	74	73	76
5:00	74	77	78	79	80	79	80	75	72	80	75	75
6:00	75	76	77	72	79	73	73	75	74	76	72	77
7:00	76	77	74	80	70	78	78	77	78	74	72	71
8:00	78	70	75	71	80	71	78	70	79	75	79	76
9:00	78	77	72	75	75	77	74	71	79	74	77	80
10:00	75	74	72	75	75	75	76	71	78	76	70	71
11:00	76	73	78	79	70	76	72	76	78	75	70	72
12:00	79	77	72	72	78	73	77	77	70	70	76	75
13:00	80	76	70	78	79	80	73	73	71	70	75	78
14:00	75	77	70	80	77	74	77	74	79	79	76	73
15:00	73	75	79	75	75	78	71	71	74	77	75	80

Tabel 13. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	40	39	39	41	41	40	39	41	41	41	39	41
16:00	30	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31	31
17:00	25	27	25	25	25	27	25	27	25	26	27	25
18:00	27	27	27	25	25	26	25	25	27	26	27	25
19:00	26	27	27	25	27	25	27	25	25	25	27	27
20:00	27	25	27	27	25	26	25	25	26	25	27	25
21:00	26	26	26	25	25	27	27	25	27	26	25	27
22:00	26	27	25	25	27	26	27	27	27	26	27	25
23:00	24	25	24	24	26	24	25	26	24	26	25	24
0:00	25	25	24	24	26	24	26	25	26	24	24	24
1:00	24	26	24	26	26	24	26	24	26	26	26	26
2:00	26	25	24	26	25	24	25	24	24	24	24	26
3:00	24	26	25	25	25	24	24	26	26	24	24	25
4:00	26	25	25	24	26	24	26	25	24	25	26	25

5:00	27	25	27	27	27	26	26	26	26	27	26	26
6:00	28	27	28	26	27	27	26	27	26	26	27	27
7:00	28	29	28	29	29	29	28	28	29	28	28	28
8:00	30	31	30	31	31	31	30	31	31	31	30	31
9:00	31	31	30	30	31	30	30	31	31	30	30	30
10:00	31	31	30	31	30	31	31	31	30	31	30	30
11:00	33	34	32	32	34	34	32	32	33	32	34	33
12:00	32	33	32	32	32	33	34	32	33	34	33	34
13:00	32	32	33	32	32	33	32	33	34	34	33	34
14:00	33	33	34	34	34	32	32	32	33	34	32	32
15:00	31	31	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31

Tabel 14. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	48	47	48	50	51	51	49	51	50	51	47	50
16:00	94	94	94	94	92	94	93	93	92	92	94	94

17:00	94	92	94	94	93	94	92	94	94	94	92	93
18:00	93	94	94	92	94	92	94	92	92	93	93	92
19:00	92	92	92	94	94	92	93	94	94	93	93	93
20:00	93	94	93	93	92	94	93	92	93	92	92	94
21:00	93	93	94	94	93	92	92	93	92	93	94	92
22:00	92	92	93	93	94	93	94	94	93	92	94	94
23:00	94	93	93	92	92	93	94	92	93	93	92	94
0:00	94	94	95	94	95	95	95	94	95	94	94	95
1:00	94	94	95	94	95	94	95	95	95	94	95	95
2:00	95	94	94	94	95	95	94	95	95	94	95	95
3:00	95	94	94	94	94	94	94	94	95	95	94	94
4:00	95	94	94	94	95	94	95	94	95	94	94	95
5:00	94	94	95	94	94	95	94	95	94	94	95	95
6:00	93	94	92	92	94	94	93	92	92	92	94	93
7:00	93	93	93	92	92	94	93	92	92	93	93	93
8:00	93	92	92	92	92	94	92	93	92	93	92	94

9:00	94	93	93	92	93	94	94	94	93	92	92	92
10:00	92	92	94	94	94	92	94	94	92	94	93	93
11:00	94	92	92	94	93	93	94	92	93	93	92	94
12:00	93	92	93	92	92	93	92	92	94	92	94	92
13:00	93	92	93	93	94	93	94	94	92	92	92	93
14:00	92	92	94	94	93	93	94	92	93	93	93	93
15:00	93	94	92	94	93	92	94	93	92	93	92	92

Tabel 15. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	35.08	39.84	39.23	39.61	37.42	40.31	38.88	40.5	40.58	34.48	40.52	35.19
16:00	36.63	35.32	35.55	36.62	36.44	35.06	36.59	34.2	36.36	35.22	36.62	34.66
17:00	35.36	35.85	35	34.62	35.5	35.71	34.43	34.82	36.21	35.42	35.65	35.52
18:00	30.51	31.14	30.83	31.12	31.58	32.78	31.38	31.39	31.25	31.71	31.11	32.12
19:00	29.55	29.88	28.31	28.18	29.02	28.52	28.68	28.7	28.21	29.35	28.7	28.69
20:00	28.03	28.15	28.22	29.78	29.22	28.48	28.22	28.56	28.84	28.37	28.2	29.72

21:00	29.08	29.07	29.13	28.77	29.14	29.51	29.86	29.42	28.5	29.74	28.8	29.73
22:00	28.45	28.44	28.2	28.08	28.03	29.88	28.35	29.31	29.02	28.07	29.86	28.39
23:00	28.79	29.58	28.22	28.37	28.81	28.29	28.62	29.88	28.57	29.55	28.17	28.49
0:00	28.13	27.12	27.81	27.4	27.24	28.37	28.57	28.32	27.04	28.4	28	27.75
1:00	27.39	27.4	27.03	28.25	28.64	27.81	28.58	27.33	28.38	27.22	27.29	28.68
2:00	27.36	28.45	27.8	27.51	28.4	27.57	28.14	28.5	28.45	27.5	27.3	27.26
3:00	27.44	28.66	28.26	28.27	28.81	28.32	28.33	27.83	28.34	27.87	28.31	27.35
4:00	28.71	28.81	27.29	28.74	28.79	28.29	27.05	27.24	27.41	28.06	28.73	27.43
5:00	27.36	28.41	28.73	27.18	28.03	28.69	28.64	28.04	28.18	28.26	28.3	27.22
6:00	27.52	27.47	28.31	27.21	28.63	28.32	27.66	27.24	28.22	27.47	28.14	28.82
7:00	27.63	27.8	27.41	28.29	28.62	28.77	27.45	27.73	28.84	28.76	28.28	28.85
8:00	28.56	28.09	28.06	28.41	28.78	28.01	29.52	29.38	28.32	28.29	28.31	28.22
9:00	31.19	30.5	31.66	31.5	31.64	30.71	30.57	30.83	30.63	31.25	31.27	30.42
10:00	30.36	31.75	31.06	30.49	30.2	30.6	30.06	30.44	31.68	30.28	30.67	31.05
11:00	33.34	34.75	34.39	33.41	33.64	33.26	33.44	33.35	33.31	32.32	32.55	34.64
12:00	34.72	34.02	33.43	34.11	34.59	33.09	34.31	32.55	33.28	34.02	33.57	32.56

13:00	33.22	32.65	34.41	34.68	34.64	34.82	32.8	32.47	33.31	33.41	33.22	34.66
14:00	33.26	32.33	33.23	34.11	32.49	34.57	34.34	34.83	34.84	34.64	33.43	33.1
15:00	34.24	34.45	34.09	34.39	33.75	32.6	32.68	33.84	34.39	34.83	34.34	32.78

Tabel 16. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 8 Mei 2017 sampai 9 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	73	75	79	75	75	78	71	71	74	77	75	80
16:00	91	90	91	90	94	91	92	94	92	93	91	90
17:00	91	90	93	92	92	90	90	94	92	94	91	91
18:00	96	97	98	98	98	98	96	98	98	96	98	98
19:00	96	98	97	98	97	96	96	96	98	97	97	97
20:00	98	96	98	98	98	98	98	96	98	97	96	98
21:00	97	97	98	98	96	97	97	96	97	98	96	98
22:00	96	98	96	98	96	98	96	96	96	97	96	97
23:00	98	97	97	98	97	98	96	98	97	96	97	98
0:00	97	96	96	96	96	98	96	96	96	97	97	97

1:00	96	96	97	96	96	98	98	98	97	97	96	97
2:00	96	96	96	96	96	98	97	97	98	98	98	97
3:00	97	97	96	97	97	97	98	97	98	98	97	97
4:00	98	98	97	96	96	97	97	96	98	98	96	96
5:00	97	98	98	96	98	97	98	98	97	97	98	98
6:00	97	97	97	96	96	98	96	97	97	98	97	97
7:00	98	98	96	98	96	97	97	98	96	98	96	96
8:00	98	97	98	98	97	97	98	96	98	98	96	96
9:00	98	96	96	97	97	97	97	96	98	97	97	98
10:00	98	97	97	97	96	98	98	97	96	97	98	98
11:00	97	96	98	98	98	96	96	98	98	96	97	98
12:00	96	96	97	98	98	97	97	98	98	97	97	97
13:00	97	96	97	98	96	97	98	98	98	97	97	98
14:00	96	98	96	96	96	96	96	97	96	97	98	97
15:00	96	97	98	96	97	96	98	96	96	98	96	97

Tabel 17. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	31	31	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31
16:00	34	32	34	32	33	34	33	32	33	32	34	38
17:00	32	34	33	33	33	33	34	34	32	33	34	35
18:00	32	32	34	32	33	34	33	34	33	34	33	25
19:00	32	30	32	30	31	31	31	32	30	31	30	32
20:00	32	31	32	30	32	30	32	31	31	30	30	30
21:00	30	32	32	32	32	30	30	32	32	32	30	30
22:00	30	28	28	28	29	30	28	29	29	28	28	30
23:00	28	30	30	28	30	29	29	29	29	29	30	30
0:00	25	25	23	23	23	24	24	24	23	23	24	25
1:00	24	23	23	25	23	24	24	24	23	23	23	25
2:00	25	25	24	23	24	25	24	25	24	23	23	24
3:00	24	23	25	25	23	25	25	23	25	23	23	25
4:00	25	24	25	25	23	23	24	23	25	23	25	23

5:00	25	24	25	23	25	25	24	24	25	23	23	23
6:00	30	30	28	30	30	28	29	29	29	28	29	28
7:00	29	29	30	29	28	29	29	30	30	29	29	28
8:00	31	32	30	31	30	30	32	32	31	31	32	30
9:00	31	31	32	30	30	30	32	31	31	31	32	30
10:00	34	33	32	33	34	33	34	34	32	34	33	34
11:00	41	40	40	41	39	40	41	40	40	41	39	39
12:00	41	41	41	41	41	41	39	41	40	41	39	39
13:00	39	41	41	41	41	41	41	39	39	40	39	39
14:00	41	39	39	40	41	39	39	41	39	41	40	39
15:00	40	39	39	39	41	41	41	40	39	41	41	41

Tabel 18. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	93	92	94	94	92	93	93	94	94	93	94	93
16:00	47	47	48	51	51	48	50	48	50	50	49	47

17:00	52	52	52	54	52	53	54	52	54	52	53	53
18:00	55	53	53	53	55	54	52	52	53	52	53	55
19:00	54	55	53	53	53	52	55	53	54	53	53	52
20:00	65	60	64	60	65	62	64	65	62	64	62	63
21:00	60	64	61	61	63	60	64	65	61	65	62	62
22:00	61	62	61	64	61	65	61	62	64	65	62	62
23:00	82	83	85	81	84	83	81	85	83	80	80	84
0:00	84	84	81	81	85	85	84	84	84	83	81	82
1:00	80	80	83	80	85	82	83	80	84	84	83	83
2:00	84	80	81	83	82	81	81	85	82	82	85	85
3:00	83	81	80	84	84	84	80	83	81	84	81	81
4:00	83	83	82	82	85	82	82	82	82	81	82	80
5:00	72	72	71	72	72	71	70	73	75	74	74	75
6:00	73	71	75	71	73	72	71	72	72	71	75	73
7:00	63	62	60	65	64	65	62	65	63	60	62	63
8:00	64	62	64	65	65	65	64	62	62	65	61	60

9:00	61	65	65	65	64	60	65	61	64	65	61	65
10:00	60	65	64	63	64	62	63	64	60	65	62	62
11:00	49	48	49	50	49	48	50	48	48	51	49	50
12:00	41	43	44	44	44	40	45	44	43	42	44	41
13:00	45	42	44	40	42	42	44	40	43	43	42	45
14:00	42	41	41	45	42	43	42	43	40	45	44	41
15:00	49	49	49	49	47	48	48	49	51	49	47	49

Tabel 19. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	34.24	34.45	34.09	34.39	33.75	32.6	32.68	33.84	34.39	34.83	34.34	32.78
16:00	34.57	34.07	35.04	35.22	34.44	36.5	35.54	34.59	34.17	36.26	34.4	36.77
17:00	33.28	32.5	34.52	32.16	34.88	32.02	33.77	33.43	34.09	33.02	34.55	34.06
18:00	31.21	29.76	30.66	30.7	31.79	29.53	29.02	30.22	31.08	31.76	31.74	29.01
19:00	31.04	29.15	30.53	30.27	29.76	30.39	31.67	29.85	29.59	30.5	29.31	29.28
20:00	28.39	30.45	28.65	28.22	28.28	29.57	28.8	28.38	28.75	29.43	28.82	29.75

21:00	30.31	28.81	30.55	30.38	29.33	28.4	30.11	30.81	28.18	28.41	28.02	29.58
22:00	28.23	30.08	30.76	28.15	29.37	30.8	29	29.14	30.02	29.51	28.28	29.07
23:00	27.81	27.72	27.04	27.63	27.2	28.05	27.27	27.66	27.14	27.4	27.06	27.84
0:00	27.14	28.24	28.88	28.64	27.85	28.44	28.84	28.85	27.75	27.86	27.74	28.17
1:00	28.7	27.05	27.35	28.23	27.08	27.27	27.79	27.72	27.25	28.73	28.36	27.85
2:00	28.15	28.35	28.09	27.84	28.71	28.27	28.14	28.49	28.79	27.69	27.76	28.55
3:00	27.64	27.2	27.32	28.24	27.56	27.55	27.14	27.61	28.75	27.14	28.67	27.75
4:00	28.08	27.19	27.88	28.62	28.13	27.77	28.3	27.61	28.7	27.4	27.49	27.04
5:00	28.37	28.52	28.7	27.8	28.54	28	27.8	27.81	28.27	28.12	27.8	27.27
6:00	27.61	27.01	27.47	28.78	27.35	27.58	28.33	28.28	28.81	27.12	28.57	28.08
7:00	27	28.58	28.04	27.26	28.61	28.33	28.79	28.46	27.43	28.68	27.81	28.56
8:00	29.8	28.12	30.85	30.32	29.59	30.64	29.78	28.77	30.24	28.71	29.83	30.08
9:00	31.75	29.77	30.48	30.18	29.16	30.61	30.17	31.15	30.31	30.4	30.46	31.35
10:00	35.16	36.34	34.17	36.62	34.69	34.34	36.32	36.27	36.29	35.46	34.7	34.53
11:00	40.38	39.53	36.75	36.67	40.87	38.32	38.61	40.08	38.51	38.29	36.8	40.11
12:00	40.54	39.26	39.87	38.42	40.44	40.78	36.25	39.64	40.4	37.44	36.72	38.35

13:00	37.54	38.78	37.41	38.06	38.45	39.62	37.34	40.3	36.77	39.57	38.47	40.66
14:00	39.79	39.35	38.62	38.01	38	37.63	38.68	39.18	40.44	39.07	40.01	37.14
15:00	35.14	38.01	34.67	38.66	34	37.28	37.33	38.55	37.05	39.37	40.86	39.76

Tabel 20. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 9 Mei 2017 sampai 10 Mei 2017 tanpa dilakukan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	96	97	98	96	97	96	98	96	96	98	96	97
16:00	70	76	74	76	78	71	71	73	75	75	76	71
17:00	73	70	74	73	71	77	79	78	80	72	74	74
18:00	75	73	77	73	79	76	79	75	78	72	72	71
19:00	77	72	72	73	70	75	72	74	71	74	71	78
20:00	73	77	74	80	75	80	76	78	78	79	78	74
21:00	75	72	77	72	79	80	80	72	70	72	79	75
22:00	75	75	76	76	72	78	70	73	71	76	74	70
23:00	74	80	73	77	72	72	79	72	76	77	79	78
0:00	77	80	79	73	80	76	79	72	79	74	77	71

1:00	73	78	80	73	75	77	80	80	76	77	77	76
2:00	71	74	73	72	76	75	70	72	72	72	79	75
3:00	80	74	72	80	79	79	73	71	73	79	79	74
4:00	74	78	73	74	80	79	75	73	78	80	78	75
5:00	79	76	76	73	79	78	73	79	78	77	71	75
6:00	78	80	72	76	72	79	79	77	75	76	80	75
7:00	75	73	78	77	80	75	78	76	79	72	74	77
8:00	71	70	74	75	75	79	78	71	79	77	72	76
9:00	74	76	73	77	76	72	80	73	77	77	71	70
10:00	78	71	71	71	78	79	79	71	79	74	77	78
11:00	70	80	72	77	70	80	73	80	80	74	78	73
12:00	71	79	77	75	76	71	80	73	79	70	71	78
13:00	73	76	74	70	78	78	75	79	71	77	71	77
14:00	80	72	73	72	79	74	78	72	72	73	70	76
15:00	77	70	71	75	74	74	71	75	77	75	75	73

Tabel 21. Pengambilan data suhu udara pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	40	39	39	39	41	41	41	40	39	41	41	41
16:00	31	30	30	30	30	31	30	31	31	31	31	31
17:00	26	25	25	26	27	27	26	25	27	25	26	27
18:00	27	25	25	27	25	26	26	26	25	26	27	25
19:00	26	26	25	27	27	26	27	27	27	25	25	27
20:00	27	27	26	27	27	27	27	27	25	27	25	27
21:00	26	25	25	25	26	25	27	27	25	27	26	26
22:00	25	25	25	26	27	27	25	27	27	27	27	27
23:00	24	26	24	26	26	26	26	26	26	25	24	24
0:00	24	25	26	26	26	25	24	25	26	26	24	26
1:00	24	25	24	25	26	25	24	25	25	25	25	25
2:00	26	25	25	26	24	24	25	26	26	24	26	26
3:00	26	25	24	25	26	26	25	25	24	25	26	26
4:00	25	26	26	25	24	24	24	24	25	25	25	25

5:00	26	26	25	25	25	25	25	25	25	26	25	25
6:00	26	26	27	27	26	26	28	27	28	27	26	27
7:00	29	29	28	29	29	28	29	29	29	28	29	29
8:00	31	30	31	30	30	31	31	31	30	31	30	31
9:00	30	30	31	30	31	30	31	30	30	31	31	31
10:00	30	30	30	31	30	31	30	31	30	31	30	31
11:00	32	34	32	32	34	33	33	33	34	34	34	33
12:00	34	34	32	34	34	33	32	34	34	32	32	32
13:00	33	34	34	34	32	34	32	33	34	32	34	34
14:00	32	34	32	33	33	32	33	34	32	33	34	34
15:00	31	30	31	30	30	30	31	31	30	31	30	31

Tabel 22. Pengambilan data kelembapan udara pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	49	49	49	49	47	48	48	49	51	49	47	49
16:00	92	94	93	93	93	93	94	92	94	93	92	94

17:00	92	94	94	92	94	93	92	93	94	92	92	92
18:00	93	94	94	94	93	94	94	94	94	94	92	93
19:00	93	93	93	94	94	92	92	94	92	93	93	94
20:00	94	93	94	94	92	93	92	93	93	94	92	93
21:00	93	93	93	92	93	92	93	93	94	92	93	93
22:00	93	92	94	93	92	93	94	92	93	94	94	92
23:00	92	94	94	92	93	94	93	92	94	92	94	94
0:00	95	94	94	95	94	94	95	94	95	95	94	95
1:00	94	95	95	95	95	95	94	94	94	94	95	95
2:00	94	94	94	95	95	95	95	94	94	94	95	94
3:00	95	95	95	95	94	94	95	94	94	95	94	95
4:00	94	94	94	95	94	95	94	94	95	94	95	94
5:00	95	95	94	94	94	94	94	95	95	94	94	95
6:00	93	94	94	94	92	94	92	94	93	92	92	93
7:00	94	92	94	92	94	92	93	92	92	93	93	93
8:00	92	94	93	94	94	93	94	94	94	92	92	94

9:00	94	93	93	94	93	94	92	92	93	92	94	93
10:00	94	94	94	94	92	93	93	94	92	93	94	92
11:00	92	92	94	93	92	93	94	94	92	93	93	93
12:00	94	94	93	93	93	93	94	93	94	92	94	94
13:00	94	94	94	94	93	93	92	92	92	94	94	92
14:00	94	92	94	92	94	92	92	92	94	93	92	93
15:00	92	92	94	92	92	92	93	93	93	94	93	92

Tabel 23. Pengambilan data suhu tanah pada tanggal 11 Mei 2107 sampai 12 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	35.14	38.01	34.67	38.66	34	37.28	37.33	38.55	37.05	39.37	40.86	39.76
16:00	34.1	35.15	34.73	36.46	35.21	35.35	34.05	36.75	36.7	34.14	36.18	36.34
17:00	34.84	36.8	35.33	34.74	36.45	35.44	35.66	36.72	34.4	36.45	34.75	34.87
18:00	30.4	30.66	30.02	31.42	32.8	30.16	32.2	32	31.34	31	31.25	30.15
19:00	29.13	28.45	28.81	29.78	29.85	29.04	29.86	29.86	28.58	29.41	29.22	29.53
20:00	28	28.39	28.79	29.68	28.77	29.62	28.48	29	29.58	29.26	28.43	28.14

21:00	29.8	28.08	29.28	28.5	28.51	28.15	29.27	29.04	28.62	29.22	28.37	29.85
22:00	29.34	29.67	29.77	28.54	29.59	29.63	29.19	29.6	28.84	29.65	28.65	28.71
23:00	28.74	28.14	29.6	28.51	29.55	29.78	28.71	28.75	29.09	28.23	28.57	29.38
0:00	27.59	28.84	28.29	27.39	27.64	28.81	28.19	27.65	27.69	27.52	28.75	27.79
1:00	28.31	28.38	28.32	27.52	28.81	27.17	27.4	27.51	28.55	27.55	27.35	28.17
2:00	28.42	27.11	28.39	27.59	28.66	28.14	28.61	28.85	27.56	28.7	27.67	27.68
3:00	28.65	27.7	28.32	27.25	28.61	27.16	28.18	28.46	28.3	27.51	27	28.23
4:00	28.08	27.57	28.21	27.67	27.38	27.54	27.09	28.2	28.39	27.18	28.88	28.31
5:00	27.37	28.08	27.46	27.47	27.6	27.38	28.27	28.67	27.14	27.09	28.64	28.16
6:00	28.1	28.17	28.65	28.39	28.54	27.11	27.71	28.45	28.81	28.29	28.14	28.06
7:00	27.12	27.61	28.75	27.6	27.08	27.39	28.66	27.16	27.12	28.78	27.52	28.79
8:00	28.57	29.13	29.03	29.75	28.17	28.39	29.74	29.1	29.45	29.23	29.34	28.8
9:00	31.05	30.83	30.39	30.25	31.56	30.88	31.21	31.54	30.34	30.13	30.34	30.03
10:00	31.09	30.31	30.7	31.11	31.77	31.73	31.06	30.74	30.79	30.33	30.13	31.04
11:00	34.51	34.28	32.73	33.06	32.2	33.84	32.27	33.38	32.79	34.07	33.48	33.77
12:00	32.53	34.49	34.43	32.53	34.88	34.07	33.5	32.44	33.48	34.08	34.85	33.32

13:00	34.43	34.76	34.17	32.51	34.68	32.45	34.46	32.35	33.23	32.19	32.64	33.79
14:00	34.51	33.13	32.1	32.77	33.13	32.34	32.51	34.83	34.78	33.7	34.55	34.48
15:00	34.02	33.85	33.65	33.75	33.18	34.57	34.51	32.8	33.44	32	33.06	34.16

Tabel 24. Pengambilan data kelembapan tanah pada tanggal 10 Mei 2017 sampai 11 Mei 2017 dengan otomasi pada *greenhouse*

Waktu/Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15:00	77	70	71	75	74	74	71	75	77	75	75	73
16:00	92	94	93	91	90	94	94	90	93	92	94	91
17:00	90	94	92	94	91	90	93	90	93	91	93	92
18:00	97	96	97	97	98	98	96	97	96	98	96	96
19:00	98	98	97	96	98	96	96	96	97	96	96	97
20:00	97	98	96	97	96	98	96	97	96	98	98	98
21:00	97	96	96	96	97	96	98	97	97	98	96	98
22:00	96	98	96	96	96	96	96	98	96	97	98	97
23:00	97	96	97	97	97	98	98	98	96	96	98	96

0:00	97	96	96	96	96	98	96	97	96	97	97	96
1:00	98	97	97	96	98	97	96	98	97	98	98	96
2:00	96	98	97	98	96	98	98	96	98	98	98	98
3:00	98	98	97	97	98	97	96	98	96	97	96	97
4:00	96	96	96	98	97	98	98	98	97	97	96	97
5:00	97	97	98	98	97	97	96	97	96	98	98	97
6:00	98	98	97	98	97	96	97	98	98	97	97	97
7:00	97	96	96	96	98	96	98	98	97	96	97	96
8:00	98	97	96	98	96	97	96	96	98	96	98	98
9:00	96	97	96	98	96	96	98	97	97	97	97	98
10:00	98	98	97	98	97	98	97	96	98	96	96	96
11:00	97	98	97	96	97	97	96	96	97	97	98	97
12:00	97	98	98	97	96	96	98	98	98	96	98	97
13:00	98	96	97	97	96	96	96	97	98	97	97	98
14:00	96	96	96	97	97	96	97	96	98	97	96	97
15:00	96	97	96	96	96	98	97	97	97	98	96	98

